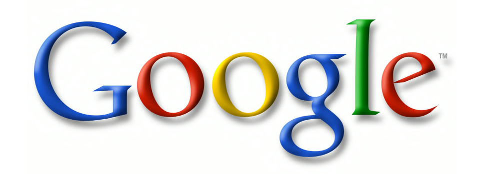
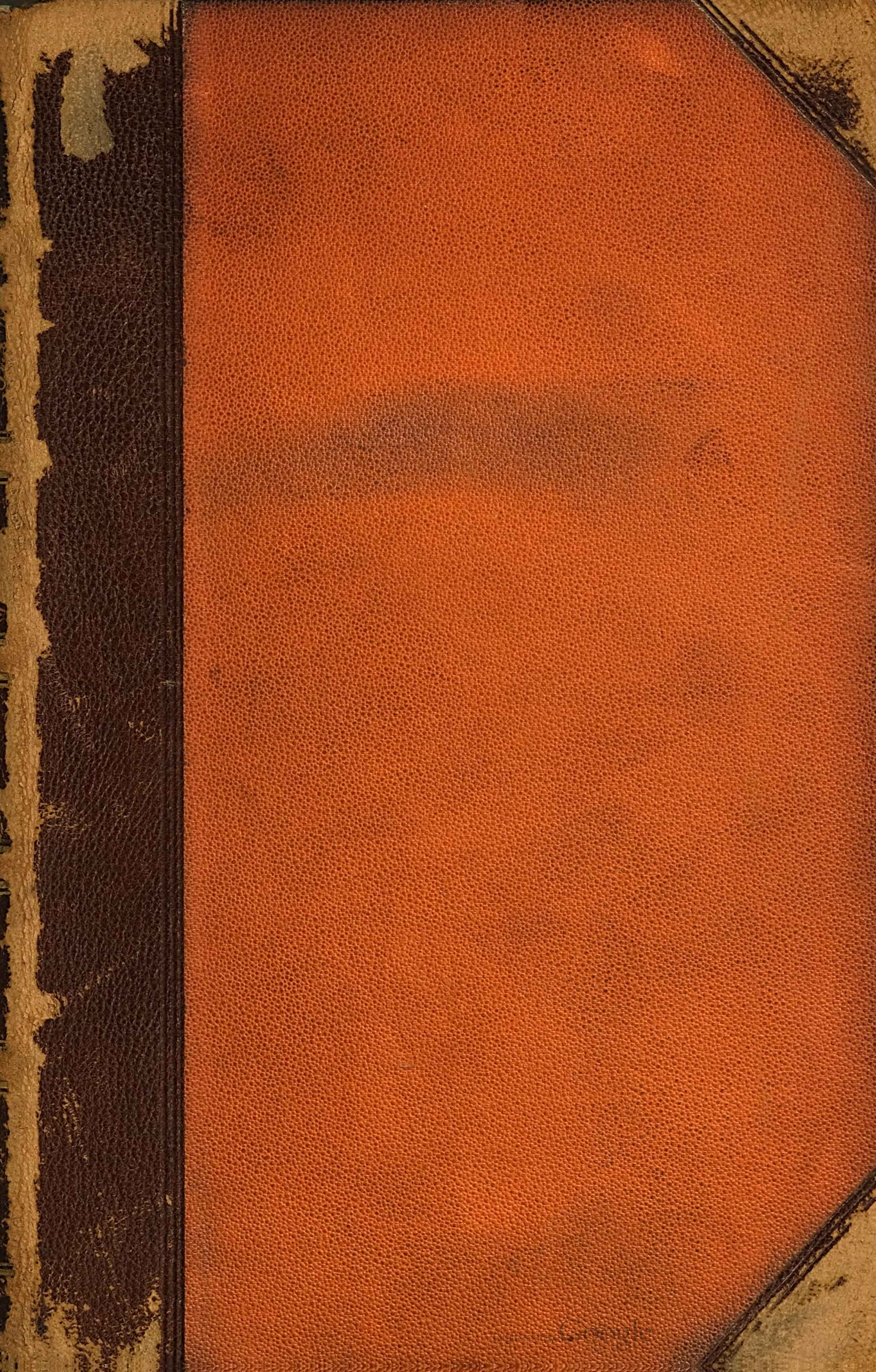
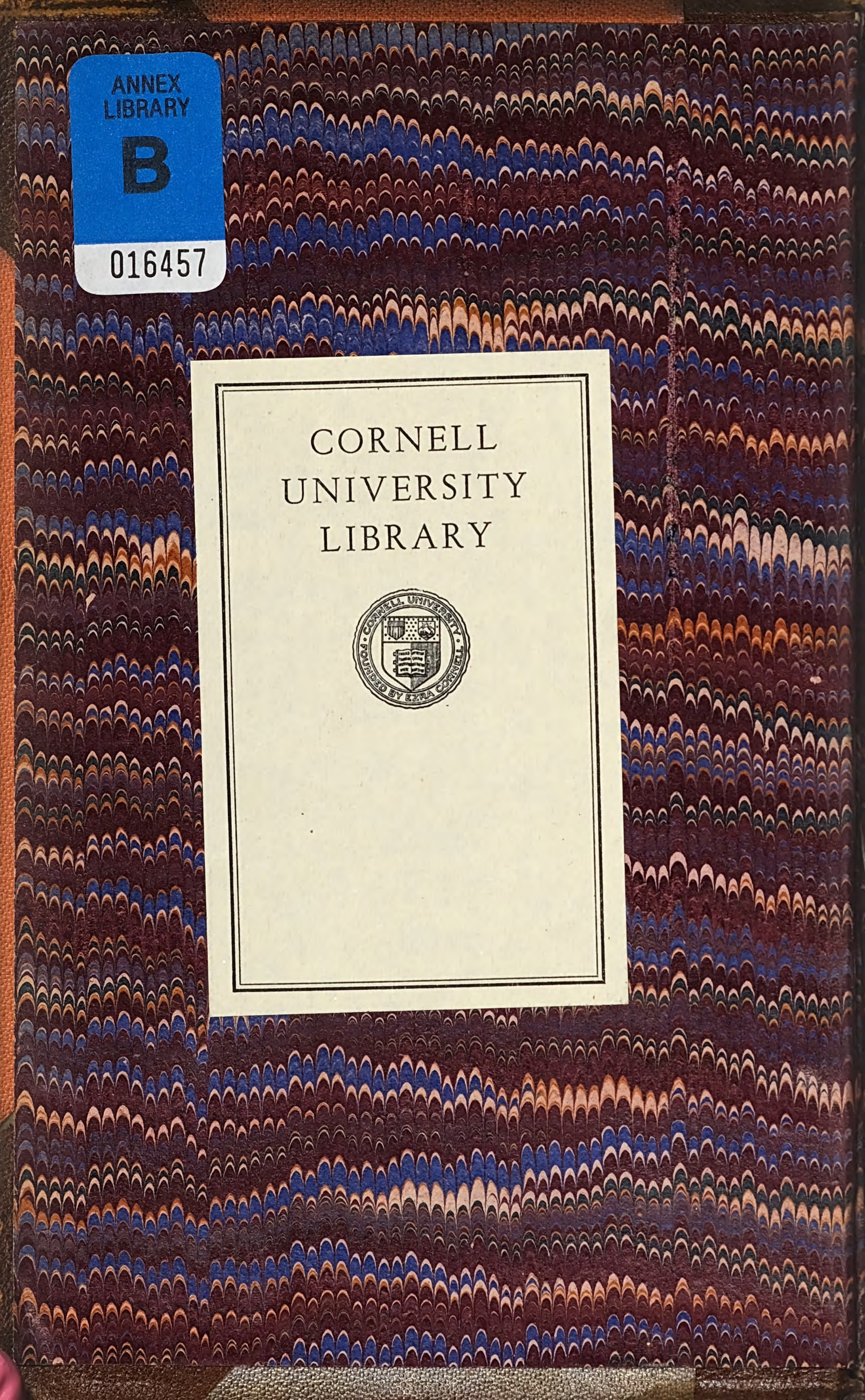






ANNEX
LIBRARY
B
016457
CORNELL
UNIVERSITY
LIBRARY
CORNELL UNIVERSITY
FOUNDED BY EZRA CORNELL


CORNELL UNIVERSITY LIBRARY
3 1924 066 192 513

12

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

40.014. — IMPRIMERIE LAHURE, 9, RUE DE FLEURUS, A PARIS.

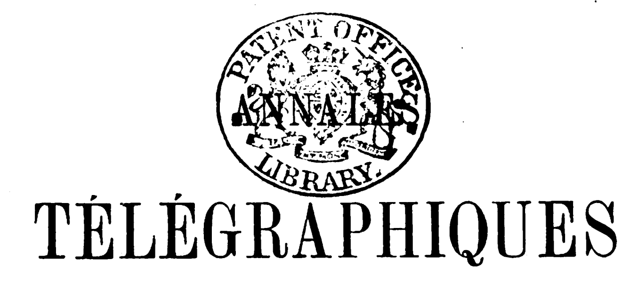
ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIEME SÉRIE

TOME VINGT-CINQUIÈME

PARIS
Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR
LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES
49, Quai des Grands-Augustins, 49

1899



ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1899 Janvier-Février

COMMUNICATION TÉLÉGRAPHIQUE

ENTRE

LE PHARE DE FASTNETT ET L'IRLANDE

Le phare de Fastnett, à la pointe sud-ouest de l'Irlande, est construit sur un îlot de roche très dure situé à 7 milles environ de la côte. Le rocher a 80 pieds de haut, 360 pieds de longueur et une largeur maxima de 150 pieds. Le ressac est très violent autour de l'îlot et tous les câbles qui, jusqu'alors, avaient relié le phare à la terre ferme se détruisaient rapidement par le ragage sur le rocher.

On a dû recourir à un système de communication non continue imaginé par MM. Willoughby S. Smith et Granville. Le système proposé en 1887 a été pratiquement expérimenté au phare de Needles en 1892; il vient tout récemment d'être appliqué à Fastnett par la *Telegraph construction and maintenance Company*

sur la demande de la Commission royale des phares de la Grande-Bretagne.

Le câble principal est d'un modèle ordinaire (107 livres de cuivre par mille et 150 livres de gutta-percha). Il atterrit dans une petite baie A, à environ 1 mille à l'ouest du bureau télégraphique de Crookhaven, et est prolongé jusqu'à ce bureau par un fil souterrain de même spécification.

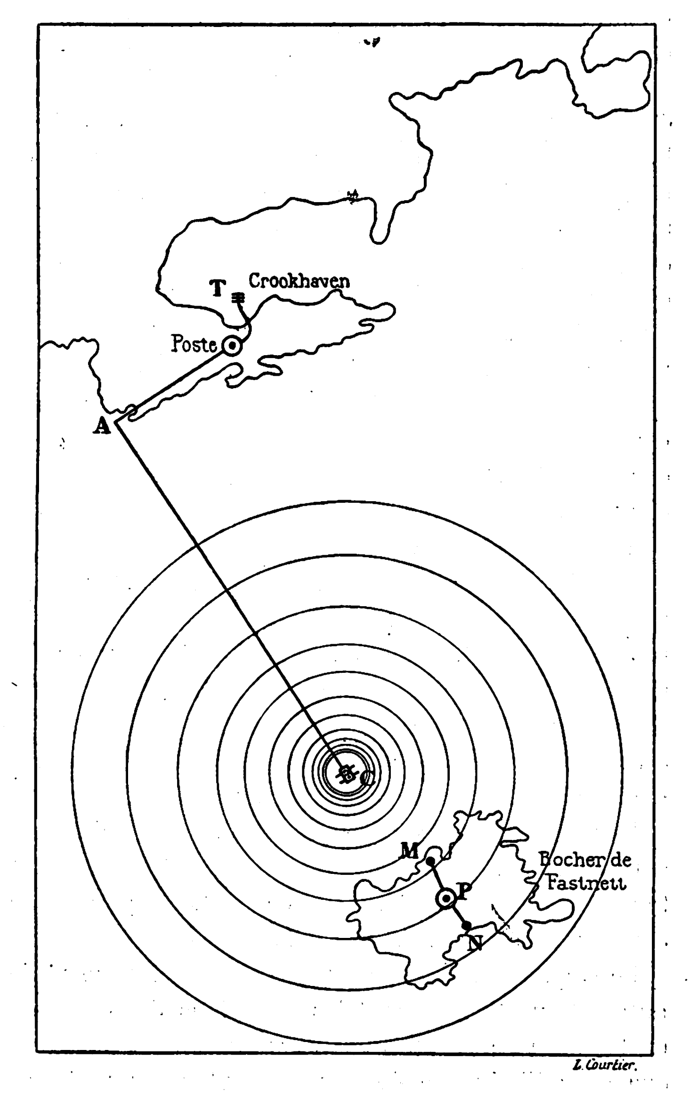
Ce câble a 7 milles de longueur, il se termine au fond de la mer, en un point C distant de 100 pieds environ du rocher de Fastnett, par 11 brasses de profondeur. Le bout du câble est solidement fixé en C à un gros champignon de cuivre qui remplit un double but : il assure la communication parfaite du conducteur avec la mer et, mécaniquement, il sert d'ancre pour amarrer et maintenir l'extrémité du câble.

Le contact entre le cuivre du champignon et le fer de l'armature du câble a été évité par l'application d'un isolant sur l'extrémité de l'armature. Dans ce but, sur une longueur de 100 pieds à partir du champignon, le câble est constitué de la manière suivante : le conducteur est recouvert d'une forte couche de caoutchouc et d'une armature de gros fils de cuivre isolée elle-même par une seconde couche de caoutchouc très épaisse. Pour éviter l'usure du caoutchouc sur le sable du fond, la partie isolée de l'armature est protégée par de gros cylindres de verre fondu qui sont enfilés sur le câble. Ces cylindres sont séparés les uns des autres par des rondelles élastiques de caoutchouc.

Le circuit du câble principal est complété par une courte ligne de terre de 200 mètres environ qui relie le bureau de Crookhaven au port.

Supposons que des émissions de courants soient

faites dans le câble entre T et C, les ondes électriques



se propageant par la mer entre les deux extrémités de

la partie métallique du circuit feront apparaître autour du champignon et, par suite, du rocher, des différences de potentiel. Si donc, un deuxième circuit est établi sur le rocher entre deux prises de terre immergées dans la mer, en M et en N, sur les faces nord et sud de l'îlot, des courants se produiront dans ce circuit et un galvanomètre ou tout autre récepteur, suffisamment sensible, pourra être impressionné chaque fois que la pile du bureau de Crookhaven sera reliée au câble principal. Inversement, une pile placée dans le circuit MN de Fastnett pourra actionner un galvanomètre relié au câble principal.

Dans l'installation réalisée, le poste de Fastnett emploie une pile de 10 gros éléments Leclanché; le courant émis est d'environ $1^{amp},5$ et correspond à un courant de réception à Crookhaven qui ne dépasse pas 15 centièmes de milliampère.

En raison du peu d'intensité du courant reçu, l'appareil de réception doit être fort sensible. D'autre part, cet appareil, relié à un câble dont les deux extrémités sont à la terre, est le siège de courants parasites qui varient constamment et très rapidement. On a donc dû prendre des précautions toutes spéciales pour parer à ces divers inconvénients.

Le récepteur est un galvanomètre d'Arsonval monté sur un pivot vertical. Un manche manié à la main fait tourner le galvanomètre sur ce pivot et permet de corriger rapidement la position du zéro.

Le dispositif d'appel est très ingénieux. Il se règle automatiquement suivant les variations des courants de terre ou de polarisation et n'actionne la sonnerie que sous l'influence de courants interrompus à des intervalles de temps périodiques d'une fréquence définie.

Pour permettre aux deux câbles courts reliant à la mer les appareils du phare de résister aux vagues qui balaient parfois la totalité de l'îlot, chacun de ces câbles a été couché dans une profonde rainure creusée dans le rocher, puis maçonné dans une gaine de ciment. Cette rainure règne depuis le haut du rocher jusqu'au niveau des basses mers. A la sortie de la rainure la communication permanente avec l'eau est assurée par un très gros câble de cuivre pénétrant dans un trou de 2 pouces, 5 de diamètre foré dans le roc depuis le niveau des basses mers jusqu'à une profondeur de 20 pieds. Ce dispositif assure en tout temps la communication électrique avec la mer et met le conducteur à l'abri de toute détérioration.

Cette installation a été terminée en juillet 1895 et a fonctionné une première fois jusqu'en mars 1896. A cette époque, le champignon de cuivre s'est rompu et a été séparé du câble. En raison de la difficulté très grande du travail dans une région où la mer est très rarement calme, le câble n'a pu être rétabli qu'au mois de juin 1897. Depuis ce moment il ne paraît pas avoir cessé de fonctionner dans de bonnes conditions.

F.-G. DE NERVILLE.



UN RÉSEAU

DE

CABLES EXCLUSIVEMENT ANGLAIS

Nous extrayons ce qui suit d'un article récemment publié sous ce titre dans la revue anglaise *The Nineteenth Century* (*) sous la signature de M. Archibald S. Hurd. Nous y joignons, pour permettre de saisir plus aisément l'ensemble du projet présenté, un planisphère avec tracé des communications télégraphiques visées.

La flotte est la première ligne de défense de l'empire britannique et derrière, selon la formule populaire, viennent l'armée et ses réserves, les forteresses et les mines sous-marines. . . . .

Les autorités militaires ont également considéré les câbles comme un moyen de défense. Dans la période de mouvements rapides qui précède la déclaration de guerre, les câbles ont à jouer un rôle important. Ils sont les nerfs de l'empire; ils annihilent la distance et réunissent en faisceau devant l'ennemi la mère patrie et tous ses enfants, sans qu'on puisse atteindre le même but par un autre moyen. Nous n'avons pas, pour trouver un exemple de l'utilisation des câbles comme engins de guerre, à chercher plus loin que les hostilités récentes entre l'Espagne et les États-Unis d'Amérique; avec un système efficace de câbles,

(*) *The Nineteenth Century*, n° 264, février 1899.

ceux qui seront appelés à diriger les défenses de l'empire contre les attaques des ennemis avoués ou non pourront, tout en conservant un gant de velours jusqu'au moment psychologique, frapper, l'instant venu, avec rapidité et vigueur. A l'aide des câbles, les chefs de la marine et de l'armée pourront combattre avec les vaisseaux de la Manche et de la Méditerranée à la fois ou séparément et mettre en même temps en état de défense l'Inde, le Canada, l'Australie ou l'Amérique du Sud. Si les câbles restent les nerfs réels de l'empire, reliant entre eux tous les postes de guerre, il n'y a pas à craindre qu'un poste avancé soit surpris sans espoir d'une revanche immédiate. Nous avons été dans ces derniers temps plus d'une fois à la veille d'une guerre. Mais, depuis l'invention du télégraphe et des câbles, nous n'avons pas encore éprouvé le secours dont ils nous pourraient être dans une guerre contre l'une des grandes puissances.

On admettra que, si les câbles constituent pour la défense un auxiliaire de pareille importance, il est désirable qu'ils ne traversent pas un territoire étranger où ils pourraient être interrompus et ne soient pas immergés dans une mer peu profonde où les navires télégraphiques de l'ennemi les relèveraient facilement. Les câbles actuels remplissent-ils ces conditions de première nécessité?

Le Canada est maintenant relié intimement et directement à la métropole par câble transatlantique. Le sud de l'Afrique a deux voies de communication. De la pointe des Cornouailles des câbles se dirigent vers Lisbonne (Portugal) d'où ils repartent vers l'Est et vers l'Ouest. Plusieurs lignes courent sur le fond de la Méditerranée et de la Mer Rouge vers Aden. A Aden,

elles divergent : un branchement se dirige sur Bombay, Madras, Hongkong, l'Australie et la Nouvelle-Zélande; l'autre descendant au Sud touche à Zanzibar, Mozambique, Delagoa-Bay (Portugal), Durban et atteint la colonie du Cap. La ligne occidentale partant de Lisbonne (Portugal), touche, entre autres points, à Madère (Portugal), Saint-Vincent (Portugal), Saint-Louis (station de charbon française), Bissao (Portugal), Konakry et Porto-Novo (France), l'Ile du Prince (Portugal), Saint-Thomé (Portugal), Saint-Paul de Loando (Portugal), Benguela (Portugal), Mossamedès (Portugal), et de là d'un seul trait atteint la colonie du Cap.

Une telle situation ne comporte pas de commentaires. La faiblesse de ces moyens de communication est manifeste. La ligne de la côte occidentale, même si la neutralité du Portugal pouvait être assurée pendant les hostilités, traverse Saint-Louis, ce qui donne à la France la possibilité d'interrompre à tout moment la communication ou d'intervenir dans les transmissions. En outre, ces câbles restent dans la région côtière et se trouvent en eau peu profonde. Ils sont exposés à être dragués et coupés.

Mais, nous l'avons dit, il y a encore la route orientale par la Méditerranée et la Mer Rouge. Malheureusement cette ligne, sur des centaines de milles, repose en eau peu profonde dans des régions où nous n'avons aucun moyen de la défendre. Le commandant en chef actuel de l'armée britannique a caractérisé la situation où nous laissent ces câbles en disant qu'elle constitue une *imprudence et un suicide*. Point n'est besoin d'avoir le don de prophétie pour prédire qu'en cas de guerre avec la Russie ou la France, l'interrup-

tion de ces lignes sera l'un des premiers actes d'hostilité et précéderait probablement au lieu de la suivre, la déclaration de guerre formelle et la rupture des relations diplomatiques. Un câble peut être saisi par un grappin et coupé à toute profondeur jusqu'à 4 9000 mètres. Or quel est l'état des choses dans la Méditerranée? Cette mer est séparée en deux bassins par une sorte de plateau sous-marin à hauteur de la Tunisie et le câble se trouve immergé par des fonds de 400 mètres. L'ennemi n'aurait donc aucune peine à couper ces câbles et à interrompre ainsi toute communication avec la ligne orientale de l'Afrique du Sud.

Cette politique a été esquissée en 1898 par le journal russe semi-officiel *Novoïe Vremya* : « Dans le cas d'une guerre entre notre pays et l'Angleterre, dit-il, notre tâche consisterait à couper l'Angleterre de ses communications avec l'Inde et avec l'Australie. »

On ne se rend généralement pas compte de la facilité avec laquelle on peut prendre communication sur un câble. La façon dont les États-Unis ont relevé les câbles pour les utiliser a été une révélation de la stratégie moderne. Ce genre de stratégie sera pratiqué par la France : la flotte française comprend un certain nombre de navires télégraphiques. A côté de la flotte de croiseurs genre *Alabama* destinée à harceler le commerce britannique et sur laquelle certaines autorités navales françaises fondent de grandes espérances, ces navires télégraphiques seront activement employés à détruire les câbles et à isoler ainsi la métropole de ses colonies. En cas de guerre avec la double alliance, ce rôle pourrait être laissé à la France qui s'en acquitterait avec le minimum de risques en prenant pour base d'opérations Alger, Tunis ou Bizerte. En présence

d'une étendue de 2200 milles de mer à patrouiller et à garder, il va de soi qu'aucune flotte britannique si puissante fût-elle ne serait capable de l'empêcher; d'autre part il est impossible d'évaluer l'importance des désastres auxquels nous exposerait le soudain isolement télégraphique de l'Inde et de l'Australie. Remarquons d'ailleurs que, dans ce cas, les nouvelles seraient promptement connues par la Russie dont les lignes vont à travers la Sibérie de Saint-Pétersbourg jusqu'à la Chine et l'Inde par Port-Arthur. Tandis que les autorités de Downing street auraient le désavantage de ne pouvoir envoyer un ordre à Alexandrie, à Aden, aux Indes, en Australasie, la double alliance posséderait une ligne ininterrompue avec l'Extrême-Orient. D'un seul coup la défense de l'empire serait désorganisée.

Il ne serait pas impossible qu'un ennemi risquât beaucoup pour couper simultanément non seulement les lignes orientales mais aussi les lignes occidentales. Celles-ci contournant le continent africain et présentant actuellement un point d'atterrissement sur territoire français, l'interruption de la ligne du Cap ne présenterait aucune difficulté. Ne serait-elle pas coupée? N'y prendrait-on pas communication et la ligne ne deviendrait-elle pas ainsi un outil précieux pour le service d'information des alliés? Nul ne l'oserait prétendre. Alors seraient rompues nos communications avec l'Égypte, le canal de Suez, Hong-Kong, Weï-Haï-Weï, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, et l'Afrique anglaise serait complètement isolée. Quand on songe que l'efficacité et la mobilité de la flotte dépendent de la perfection des communications par câble entre les diverses parties de l'empire, on ne

peut taxer de pessimiste celui qui signale l'importance des catastrophes que l'ennemi pourrait si facilement provoquer.

. . . .

Que peut-on faire pour conjurer le péril résultant de la situation actuelle des câbles et assurer des moyens efficaces de communication entre toutes les parties de l'empire britannique? Sir Sandford Fleming propose une solution très pratique qui intéresse plus encore le commerce que la défense des territoires : il préconise la construction, dont il a été si souvent question, du câble du Pacifique, et le rattachement à ce câble de ramifications qui mettraient Londres en relation avec les points principaux de l'empire les plus éloignés sans danger d'intervention ou d'indiscrétion étrangère. Le réseau serait entièrement britannique. D'Angleterre au Canada (Halifax) existe déjà un câble; d'Halifax, le long de la voie du « Canadian Pacific Railway », une ligne télégraphique traverse le continent nord-américain et aboutit à Vancouver. C'est cette dernière ville qui serait le point de départ des câbles projetés par sir Sandford Fleming. Les projets présentés sont classés en trois catégories :

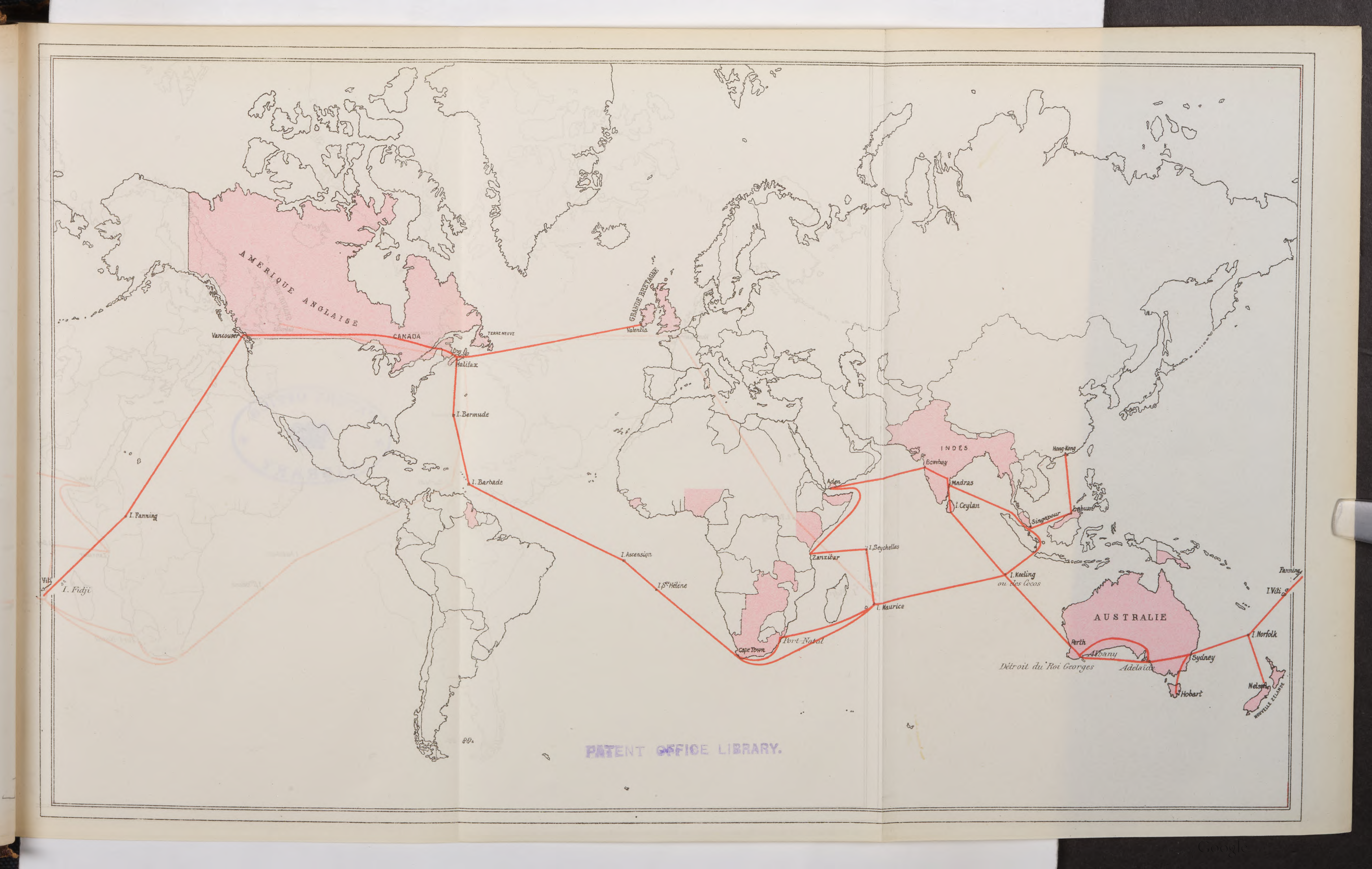
1° *Câbles de l'Océan Pacifique.* — Le câble, partant de Vancouver, toucherait aux îles Fanning, aux îles Fidji, à l'île Norfolk. En ce point il se bifurquerait : une branche atteindrait la Nouvelle-Zélande, l'autre la côte orientale de l'Australie. Les lignes terrestres australiennes relieraient celle-ci à la côte occidentale. Peut-être aussi y aurait-il lieu de doubler les lignes terrestres par un câble entre Adélaïde et le détroit du Roi Georges.

2° *Câbles de l'Océan Indien.* — D'un point de la

côte occidentale d'Australie un câble se dirigerait vers l'île des Cocos ou Keeling, puis vers Maurice, et de là vers Natal ou Capetown. L'île Keeling deviendrait un centre télégraphique important d'où rayonneraient : ce câble sur l'île Maurice, un câble sur l'Inde par Colombo ou Trincomalee (Ceylan), un câble sur Singapour, port déjà relié avec Hong-Kong, *viâ* Labouan, par un câble entièrement anglais dont le gouvernement de Sa Majesté peut prendre possession moyennant avis donné douze mois à l'avance. A l'île Maurice se trouverait la jonction avec le câble reliant actuellement à Maurice les Seychelles, Aden et Bombay.

3° *Câbles de l'Océan Atlantique.* — Pour éviter les eaux d'une profondeur insuffisante qui baignent la côte ouest de l'Afrique et les possessions de l'Espagne, du Portugal et de la France, la ligne irait de Capetown aux Bermudes en touchant à Sainte-Hélène, à l'Ascension et à la Barbade. Aux Bermudes la ligne se relierait au câble actuel des Bermudes à Halifax et en ce point aux lignes transatlantiques ou canadiennes.

Au point de vue de la défense, ce projet présente de sérieux avantages. Le Canada est la porte de l'empire. En temps de guerre le Canada serait presque certainement, dans certaines éventualités, la route que prendraient les troupes envoyées en Australie et en Nouvelle-Zélande. Les lignes terrestres qui longent le « Canadian Pacific Railway » seraient soumises à une surveillance continuelle et rapidement réparées en cas d'avarie. L'île de Vancouver protégée du côté de la mer par l'escadre anglaise du Pacifique — la principale force navale en ces parages, appuyée au besoin par l'escadre d'Australie — et défendue du côté de la terre par de puissantes fortifications, constituerait


AMERIQUE ANGLAISE
CANADA
Vancouver
Halifax
TERRE NEUVE
GRANDE BRETAGNE
Valentia
I. Bermude
I. Barbade
I. Fanning
I. Fidji
I. Ascension
I. Sᵗᵉ Hélène
Cape Town
Port Natal
Zanzibar
I. Seychelles
I. Maurice
Aden
INDES
Bombay
Madras
I. Ceylan
Singapour
Labuan
Hong-Kong
I. Keeling
ou Iles Cocos
AUSTRALIE
Perth
Albany
Détroit du Roi Georges
Adelaïde
Sydney
Hobart
I. Norfolk
I. Viti
Fanning
Nelson
NOUVELLE ZÉLANDE

pour le câble du Pacifique un point d'atterrissement aussi admirable que l'est pour l'atterrissement du câble transatlantique la ville si bien fortifiée et si bien gardée d'Halifax. Quant au câble du Pacifique, la profondeur de l'Océan le mettrait absolument à l'abri de toute tentative d'interruption.

. . . .

L'importance du charbon comme un des facteurs dominants sinon comme *le* facteur dominant dans la défense d'un empire transmaritime a été déjà mise en relief : la fréquence plus ou moins grande des retours que devront faire les navires aux dépôts de charbon peut être modifiée par l'emploi de briquettes ou de combustible liquide, mais de toutes façons ils seront forcés plus ou moins souvent de venir se ravitailler. Eh bien ! il faut que ces stations charbonnières soient aussi des centres de nouvelles où les renseignements utiles puissent parvenir à la flotte secrètement et sans bruit : chaque station doit devenir une succursale du service d'information, au courant des dernières nouvelles recueillies sur les mouvements de l'ennemi.

. . . .

Tel serait ce système de câbles digne de l'empire. Les mérites qu'il présente comme auxiliaire de la défense viennent d'être exposés. Le côté commercial de la question n'est pas moins intéressant et l'on doit citer à ce propos les lignes suivantes de sir Sandford Fleming :

Nous ne pouvons actuellement nous rendre qu'imparfaitement compte de l'extension que peut prendre l'usage du télégraphe, car, pour les longues distances, il a été jusqu'à ce jour, entravé par des tarifs presque prohibitifs. Les longs câbles actuels sont peu employés par la masse du public, il

est même plus exact de dire que le public ne les emploie pas du tout, sauf en cas d'urgence. Les câbles servent au commerce dont les besoins croissants en exigent l'usage de plus en plus fréquent; mais, en raison de l'élévation des taxes, on ne les utilise que pour les affaires ne souffrant aucun délai. Si les câbles étaient la propriété de l'État, l'exploitation n'en serait plus dirigée uniquement en vue de réaliser de larges bénéfices et, de même que pour les lignes terrestres du Royaume-Uni, on pourrait réduire les taxes et mettre le service à la portée de gens pour lesquels il est présentement inaccessible.

Quant à la dépense, elle ne dépassera probablement pas 6 000 000 de livres (150 millions de francs), total dans lequel le câble du Pacifique seul entrerait pour 2 000 000 de livres — c'est le prix de deux bâtiments de guerre de 1re classe. Qui pourrait dire qu'en temps de guerre, cette simple ligne posée au fond de l'Océan Pacifique n'aurait pas la valeur d'une flotte de guerre entière? En plus, il faut tenir compte des considérations commerciales : chaque sou dépensé pour le câble sera déboursé en premier lieu non pas pour la défense nationale, mais au profit du commerce entre la Grande-Bretagne et ses colonies, et serait rémunérateur. Rien ne permet de supposer que ce réseau de câbles serait moins avantageux à la métropole que son réseau de lignes aériennes.

En résumé les avantages de ce grand projet seraient les suivants :

1° Le câble appartiendrait à l'État;

2° La taxe actuelle d'intercommunication disparaitrait puisque l'État ferait tout son possible pour développer les affaires;

3° L'empire et ses postes avancés seraient en relation étroite sans crainte d'intervention étrangère;

4° Sauf Malte et Gibraltar, tous les dépôts de charbon les plus importants seraient reliés au Ministère de la guerre et à l'Amirauté par une double voie.

Le coût de ces avantages est de 6 millions de livres. Les valent-ils ? La réponse ne peut faire doute. Pour l'amélioration d'une seule rue, le Conseil de comté de Londres propose de dépenser 4 442 000 livres.

Traduit par M. Ad. PERRIN.



SUR LA MESURE DIRECTE D'UNE QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ EN UNITÉS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

APPLICATION A LA CONSTRUCTION D'UN COMPTEUR ABSOLU D'ÉLECTRICITÉ (*)

Une longue bobine creuse est assujettie de façon que son axe soit horizontal; dans la région centrale de cette bobine, une seconde bobine, formée de quelques tours de fil et ayant la forme d'un anneau, est suspendue de façon que son plan soit vertical et qu'elle puisse tourner librement autour de son diamètre vertical. Les deux bobines sont parcourues par le même courant; des godets à mercure servent à établir les communications entre la bobine mobile et la partie fixe du circuit.

Le magnétisme terrestre étant préalablement compensé, la bobine annulaire prend, sous l'action du courant, une position d'équilibre dans laquelle ses spires sont parallèles à celles de la bobine fixe.

Si on l'écarte un peu de cet azimut d'équilibre, elle exécute des oscillations isochrones. Soient T la période de ces oscillations et i l'intensité du courant. La

(*) *Comptes rendus*, 13 juin 1898.

période T est inversement proportionnelle à la racine carrée du moment du couple exercé par la bobine fixe sur la bobine mobile pour un écart déterminé de cette dernière. Or, ce moment est proportionnel à i^2, et, par conséquent, T est en raison inverse de i; en d'autres termes, le produit iT est une quantité constante, dépendant seulement de la construction des deux bobines. Maintenant, le produit iT n'est autre chose que la quantité d'électricité qui traverse une section quelconque du fil pendant la durée d'une oscillation, et l'on a par suite la proposition suivante : *Quelles que soient l'intensité du courant et la période de l'oscillation, la quantité d'électricité qui traverse une section du circuit pendant qu'une oscillation s'accomplit est toujours la même.*

La valeur en unités absolues électromagnétiques de la constante iT se détermine aisément comme il suit. Soit n le nombre des tours de fil sur la bobine fixe par centimètre de longueur de cette bobine, soit S la surface totale limitée par les spires de la bobine annulaire, soit K le moment d'inertie de l'équipage mobile. L'intensité du champ, sensiblement uniforme, qui occupe la région centrale de la bobine fixe, dont la longueur est très grande, est $4\pi ni$; d'autre part, la bobine annulaire parcourue par le courant i équivaut à un aimant de moment Si; par suite, le couple auquel est soumise la bobine annulaire, lorsqu'elle est infiniment peu écartée de sa position d'équilibre, est égal au produit de l'angle d'écart par $4\pi ni \times Si$. On a donc, d'après les lois connues du mouvement oscillatoire,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{K}{4\pi ni \times Si}},$$

d'où l'on tire :

$$iT = \sqrt{\frac{K\pi}{nS}};$$

nous désignerons cette constante de l'appareil par la lettre q.

On voit que, à l'aide de l'appareil précédent, on peut déterminer en valeur absolue électromagnétique la quantité d'électricité débitée par un courant pendant un temps quelconque, sans que l'on ait à mesurer séparément, comme on le fait habituellement : le temps, d'une part, et l'intensité du courant, d'autre part. On pourrait, en particulier, appliquer cette méthode à la détermination directe des équivalents électrochimiques, et aussi à la mesure du nombre V.

Pour faire de l'appareil un compteur d'électricité applicable aux besoins de l'industrie, il suffit d'adjoindre aux deux bobines un dispositif destiné à entretenir et à compter automatiquement les oscillations : chacune d'elles accuse, en effet, le passage d'une quantité d'électricité égale à q, quelle qu'ait été l'intensité du courant au moment où elle s'est effectuée, et, par conséquent, pour obtenir la quantité totale d'électricité qui a traversé la section du circuit pendant un certain laps de temps, on n'a qu'à multiplier q par le nombre des oscillations effectuées pendant ce laps de temps. Ceci n'est, il est vrai, exact en toute rigueur que si les variations dans l'intensité du courant ont lieu exclusivement à des instants où la bobine annulaire passe par la position d'équilibre; toutefois, dans la pratique et, en particulier, dans l'application à l'éclairage électrique, l'erreur qui provient de ce que cette coïncidence n'a pas lieu, en général, est absolument négligeable.

Voici la disposition que j'emploie pour entretenir et compter automatiquement les oscillations.

Dans mon appareil, le mouvement oscillatoire de la bobine annulaire a lieu d'un côté seulement de son azimut d'équilibre.

La figure ci-jointe représente les organes essentiels du compteur, vus par-dessus. Un bras horizontal CC′ est fixé à une tige verticale, solidaire elle-même de la bobine annulaire AA′ dont elle forme l'axe de rotation. Lorsque la bobine annulaire a été écartée de son azimut d'équilibre, l'action électrodynamique l'y ramène; mais, au moment où elle l'atteint, le bras CC′

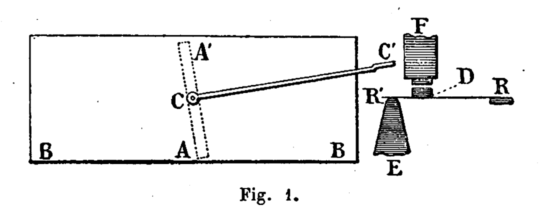


Fig. 1.

vient buter contre un ressort RR′, formé d'une lame métallique plane. L'une des extrémités, R, de ce ressort est fixée invariablement; l'autre extrémité R′ est maintenue appliquée contre un obstacle fixe E par l'armature D d'un électro-aimant F qui infléchit légèrement la lame, pendant tout le temps que cet électro-aimant n'est pas en activité. Les choses sont disposées de façon que le bras CC′, en touchant le ressort RR′, ferme le circuit de l'électro-aimant: aussitôt, le ressort, rendu libre, donne au bras une impulsion quasi instantanée qui l'écarte de nouveau, et ainsi de suite. Un cliquet mû par l'armature de l'électro-aimant fait, à chacune des demi-oscillations de

la bobine, avancer d'une dent la première roue d'un compteur de tours.

On voit que le mouvement oscillatoire de la bobine annulaire est indépendant de la résistance passive du compteur de tours, puisque c'est l'électro-aimant qui fait mouvoir ce dernier. La grandeur de l'impulsion donnée par le ressort à l'équipage mobile est sans influence sur la durée de l'oscillation, à condition que l'écart reste petit.

Plusieurs modèles de cet appareil ont été exécutés au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Nancy : le type industriel a été établi par la maison E. Ducretet. Dans ce dernier, on a raccourci la bobine fixe, afin de diminuer la résistance; le calcul de la constante iT en partant des données qui définissent la construction de l'appareil est alors plus compliqué, mais on obtient aisément la valeur en coulombs de cette constante en faisant circuler dans le compteur un nombre connu d'ampères et déterminant la durée correspondante de l'oscillation.

De nombreux essais ont montré que le produit iT, ou, ce qui revient au même, le rapport de l'intensité i au nombre d'oscillations effectuées dans un temps donné, est bien indépendant de i, jusqu'à la plus grande intensité que le fil des appareils actuels puisse supporter, c'est-à-dire environ 11 ampères. Dans le diagramme ci-joint (*fig.* 2), on a porté en abscisses les intensités du courant mesurées en ampères, et en ordonnées les nombres correspondants d'oscillations effectuées en vingt secondes; les intensités étaient mesurées, au-dessous d'un ampère, à l'aide d'une balance de Lord Kelvin et, au-dessus, à l'aide d'un ampèremètre optique très précis, étalonné à l'aide de

la balance même. Les points du diagramme sont sensiblement sur une ligne droite passant par l'origine, comme la proportionnalité indiquée par la théorie l'exige ; c'est seulement au-dessous de $0^{amp},5$ que le produit iT commence à devenir un peu trop fort, ce qui tient à ce que l'amplitude des oscillations est alors

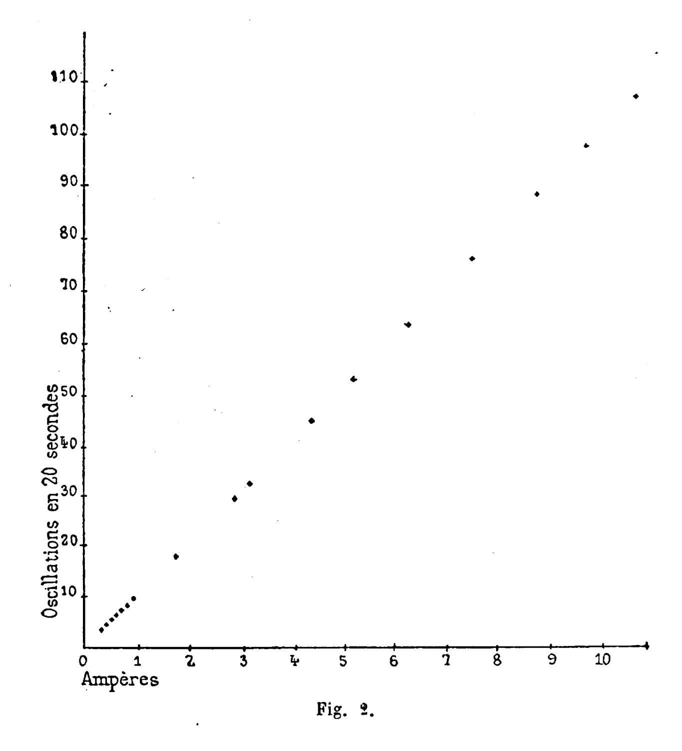


Fig. 2.

trop grande pour que l'isochronisme subsiste rigoureusement. L'inexactitude est toutefois minime, et absolument négligeable dans les applications.

L'appareil obéit instantanément aux variations les plus brusques de l'intensité du courant ; il s'applique aussi bien aux courants alternatifs qu'aux courants

continus. Le démarrage a lieu sans exception, même pour des cas inférieurs à $0^{amp},1$, grâce à un dispositif dont la description ne peut trouver place ici (*).

(*) Le principe et la description complète du compteur qui fait l'objet de la présente Note ont été donnés par moi à l'occasion de la prise d'un brevet, dès le 13 mars 1897. Toutefois, j'ai cru devoir attendre, pour en entretenir l'Académie, que le modèle industriel fût définitivement établi.

R. BLONDLOT.

DE L'ATTAQUE ÉLECTROLYTIQUE

DES CONDUITES D'EAU ET DE GAZ

PAR LES COURANTS DE RETOUR DES LIGNES DE TRAMWAYS ÉLECTRIQUES (*).

On s'est beaucoup occupé, à diverses reprises, de l'électrolyse des conduites métalliques par les dérivations, à travers le sol, des courants de retour des tramways électriques. Il n'est pas nécessaire de rappeler ici les résultats fournis à cet égard par l'expérience faite aux débuts de la traction électrique, principalement aux États-Unis, expérience qui démontra aux ingénieurs la nécessité de réaliser une connexion appropriée et efficace des rails quand ils sont utilisés comme conducteurs de retour.

Le règlement en vigueur du Board of Trade anglais, qui régit actuellement la traction électrique aux États-Unis, mentionne avec précision les conditions auxquelles est subordonné l'usage de conducteurs de retour non isolés, conditions dont l'objet est de prévenir, sur les canalisations métalliques souterraines, les dégâts provenant d'une action électrolytique. Parmi ces conditions, une des plus importantes est la sixième,

(*) Traduit de *The Electrician* (n° 1061, 1898), par M. L. Baboulet, Inspecteur-Ingénieur.

qui fixe la différence maxima de potentiel admissible entre une conduite métallique et le rail voisin. Dans le cas d'un tramway à fil aérien et retour du courant à la station génératrice par des rails éclissés munis ou non de feeders de retour, un essai électrique opéré pendant le fonctionnement du réseau en mesurant au voltmètre la différence de potentiel entre les rails et des conduites métalliques souterraines installées dans le voisinage, montrera, en général, qu'en certains points les rails sont positifs par rapport à ces conduites, c'est-à-dire qu'ils se trouvent à un potentiel plus élevé; au contraire, en d'autres points généralement voisins de la station génératrice, les conduites métalliques seront positives par rapport aux rails. L'article 6 du règlement précité est le suivant :

« Si, à un moment et à un endroit quelconques, on procède à un essai consistant à relier un galvanomètre ou tout autre instrument indiquant le sens du courant, d'une part au rail et d'autre part à une conduite métallique voisine, il devra toujours être possible de changer le sens du courant en interposant dans le circuit une pile de 3 éléments Leclanché en série, si le courant va du rail à la conduite métallique, ou en interposant dans ce même circuit un seul élément Leclanché si le courant va de la conduite métallique au rail. »

En langage ordinaire, cela veut dire que si la conduite métallique est négative par rapport au rail, leur différence de potentiel ne devra pas excéder $4^{\text{volts}},5$ et que si la conduite métallique est positive par rapport au rail, cette différence de potentiel ne devra pas dépasser $1^{\text{volt}},5$.

Quelle que soit la différence de potentiel existant

entre le tuyau et le rail voisin, il est bien entendu que des effets électrolytiques ou des détériorations ne pourront se produire en un point déterminé qu'à deux conditions :

1° La différence de potentiel doit donner naissance à un courant ayant son origine en ce point du tuyau;

2° Le passage du courant qui se produit ainsi à travers le sol environnant, ou tout au moins dans ce sol, doit avoir un caractère électrolytique.

Il résulte de là, en général, que les « zones dangereuses » sont celles dans lesquelles les tuyaux sont positifs par rapport aux rails et où le courant qui résulte de ce fait passe du tuyau dans le sol adjacent. Dès lors, si l'on admet que les prescriptions du Board of Trade soient exécutées, la principale question, au point de vue pratique, consistera à déterminer si, dans des conditions de travail normales, une différence de potentiel inférieure à $1^{volt},5$ entre un tuyau et le point le plus voisin du retour par la terre (le tuyau étant positif par rapport au rail), est suffisante pour causer des dégâts au tuyau par l'attaque électrolytique. La nature et la valeur de la conductibilité du sol ordinaire, et surtout de celui qui forme le sous-sol des villes, ont une grande influence sur le phénomène.

Divers renseignements ont été recueillis à cet égard :

Une expérience faite dans mon laboratoire avec de la terre de Londres recueillie au cours des travaux d'établissement de canalisations souterraines, le 14 décembre 1897, a donné les résultats suivants : la terre était renfermée dans un coffret de bois bien sec et bien verni dont les dimensions intérieures étaient les suivantes : $27^{cm},3$ de profondeur sur 61 centimètres de

longueur et 18 de largeur. Deux plaques de fonte bien nettoyées occupaient les deux côtés opposés de la boîte; la dimension de chacune de ces plaques était autant que possible égale à la section de la terre contenue dans la boîte. Des fils étaient reliés aux plaques. On trouva que la résistance de la masse de terre de 61 centimètres de longeur et de 491^{cmq},4 de section était de 194$^{\omega}$, lorsqu'on la mesurait, avec les précautions usitées en pareil cas, au pont de Wheatstone et à l'aide de 2 éléments de pile sèche. En maintenant l'application de cette force électromotrice, on constata bientôt que la résistance s'élevait à 277$^{\omega}$ puis à 283$^{\omega}$, ce qui montrait que les plaques se polarisaient progressivement et, par suite, qu'il y avait conduction électrolytique. On procéda également à une mesure de contrôle à l'aide du potentiomètre et l'on trouva qu'une différence de potentiel de 100 volts créée entre les plaques donnait naissance à un courant de 0^{v},52 à travers le prisme de terre; on en déduisait, pour la résistance de celui-ci, le chiffre de 194$^{\omega}$,5. Ces résultats concordants montrent que la résistance du sol dans de telles conditions d'humidité était approximativement de 1566$^{\omega}$ par centimètre cube, ou d'environ 17$^{\omega}$ par yard cube. Comme on pouvait s'y attendre, on reconnut que la résistance dépendait au plus haut degré de l'état de la terre essayée, au point de vue de l'humidité, et que cette résistance croissait rapidement avec le degré de dessèchement de cette terre. Du sable humide imbibé d'eau légèrement salée avait une résistance approximative de 1$^{\omega}$ par yard cube.

Les expériences faites par le Dr Lindeck, à Berlin, en 1896, ont montré que des blocs de ciment, après une immersion de 22 heures dans l'eau, avaient une

résistance électrique minima de 14 à 15^{ω} par yard cube, alors que, dans leur état normal, cette résistance était de 50^{ω} environ par yard cube et que, lorsqu'on les soumettait préalablement à une dessiccation spéciale, à la température de 100^{0} pendant 5 h. 1/2, elle atteignait 270^{ω} par yard cube. Le même expérimentateur trouva qu'un béton formé d'une partie de ciment et de cinq parties de gravier avait, après une immersion de 2 heures dans l'eau, une résistance minima de 25^{ω} par yard cube et qu'après une dessiccation de 4 h. 1/2 à la température de 100^{0} sa résistance était de l'ordre de $500\,000^{\omega}$ par yard cube.

Il a été démontré, à plusieurs reprises, que le mélange ou composition indiqué ci-dessus était un très mauvais conducteur ou un excellent isolant, et que des rails qu'on y plaçait étaient pratiquement isolés; mais la diminution considérable qui se produit dans la résistance de substances telles que l'argile, le ciment, le béton et les différentes variétés de sol, quand ces substances sont imprégnées d'humidité ainsi que l'accroissement notable de résistance qui a lieu lorsqu'elles sont artificiellement desséchées, montrent que le passage du courant à travers ces mêmes substances, dans leur état normal, est imputable en grande partie à la présence de l'eau et doit, par suite, en majeure partie du moins, avoir un caractère électrolytique.

Dans les conditions ordinaires d'humidité, la plupart des matières qui forment le sous-sol des rues des villes ne doivent guère différer, au point de vue de la conductibilité, du sol londonien soumis à l'essai indiqué plus haut, et leur résistance spécifique doit osciller entre 15 et 30^{ω} par yard cube. Bien que cette résis-

tance soit considérable par rapport à celle des métaux, puisqu'elle est de l'ordre d'un milliard de fois celle du cuivre, cependant la résistance électrique du sol entre deux corps métalliques de grande surface enterrés pourra numériquement être très faible. Entre deux tuyaux de fer de 6 pouces de diamètre et de 100 yards de longueur placés dans le sol à une distance d'un yard l'un de l'autre et à une profondeur d'environ 2 pieds, la résistance mesurée sera, en général, de l'ordre de 1^{ω}. Il résulte de là, nettement, que l'application continue d'une différence de potentiel n'excédant pas $1^{v},5$ pourra donner lieu, avec le temps, au passage de quantités très considérables d'électricité entre les corps métalliques de grande surface ensevelis dans le sol. Bien plus, il est évident qu'une fraction considérable, sinon la totalité de ce courant, circulera par conduction électrolytique. Dans tous les cas, quelle que soit la nature du lit des rails, le courant, à la sortie du tuyau, donnera en partie naissance à des effets électrolytiques si ce tuyau est en contact immédiat avec un sol d'une nature ordinaire. Dès lors, l'anode, c'est-à-dire le tuyau, sera attaquée. Supposons que deux plaques de fer ou d'autres surfaces métalliques soient placées dans du sable humide contenant des sels électrolysables, les radicaux acides de ces sels pourront attaquer le fer. Qu'un courant vienne à se produire entre les deux plaques par suite de leur différence de potentiel, la sortie d'un ampère-heure de la plaque positive équivaudra à la dissolution de $0^{gr},7$ du fer de cette plaque, si ce métal, en se dissolvant, passe à l'état ferrique, ou de $1^{gr},04$ s'il passe à l'état ferreux. Dès lors, du moment qu'une livre vaut $453^{gr},59$ et que le poids spécifique du fer est d'envi-

ron 7,8, il est aisé de voir qu'un pouce cube de fer sera enlevé de l'anode par la sortie d'une quantité d'électricité de 127,7 à 182,5 ampères-heure, c'est-à-dire, à proprement parler, d'un ampère-semaine. Le métal soustrait à l'anode pourra soit former des sels de fer solubles, soit constituer un dépôt adhérent d'hydroxyde. Si le sol contient des chlorites, des nitrates ou des sulfates, la dissolution du fer produira des sels ferreux ou ferriques qui se répandront dans le sol environnant ou se transformeront en totalité ou en partie, par suite d'une réaction secondaire, en un hydroxyde ferrique insoluble adhérent.

Il importe de connaître le voltage minimum qui donne lieu à cette attaque électrolytique. Si le sol environnant est de nature à favoriser l'électrolyse, c'est-à-dire s'il est humide et s'il contient des sels, une différence de potentiel très inférieure à celle de 1 volt, autorisée par le Board of Trade, donnera lieu à une attaque rapide de l'anode. C'est pour le démontrer qu'eut lieu l'expérience suivante : deux plaques de tôle furent placées dans une boîte en porcelaine remplie de sable légèrement imbibé d'eau salée. Une différence de potentiel de 1 volt était maintenue entre elles et la distance qui les séparait était telle qu'il s'établissait dans leur intervalle un courant de 1/20 d'ampère. Au bout de dix jours, la plaque positive était très attaquée alors que la plaque négative ne l'était nullement. On constata également que le poids de fer perdu était très supérieur à l'équivalent électrochimique du courant débité. Ce dernier fait devait sans doute être attribué à une action locale comme le prouve l'expérience suivante : deux plaques de fer bien nettoyées et préalablement pesées furent placées

dans du sable humide contenant des traces de sels. La surface de ces plaques en contact avec le sol avait 11,4 pouces carrés ; leur distance était de 4,25 pouces. On les maintint pendant 23 h. 1/4 à une différence de potentiel de $1^v,5$ à $1^v,8$. Au bout de cet intervalle de temps, la plaque positive fut pesée et l'on trouva qu'elle avait perdu 0,039 de livre, soit les 2/3 d'une once. La quantité d'électricité débitée avait été de 8,14 ampères-heure. Théoriquement, ce débit aurait dû faire perdre de 6 à 8 grammes, soit environ le quart d'une once, à la plaque positive. La perte de poids réelle était donc près de trois fois plus considérable que la perte théorique, et cette différence provenait sans doute de l'action locale importante qui se produit sur une plaque de fer oxydée par endroits, lorsqu'elle est placée dans un électrolyte susceptible de fournir un radical acide, pouvant lui-même donner naissance à un sel de fer.

Dans un mémoire lu par M. J. H. Farnham à l'American Institute of Electrical Engineers en 1894 (voir *The Electrician*, vol. XXXIII, p. 16), l'auteur constatait qu'à Boston l'attaque des conduites métalliques avait eu, en certains points, les pires résultats, alors que la différence de potentiel entre la conduite et le rail atteignait à peine $1^v,5$.

M. A. T. Wells, de Chicago, en relatant divers faits du même genre qui avaient eu lieu sur un câble, à Cincinnati, montra que la différence de potentiel entre le rail et le câble n'avait jamais dépassé 1/2 volt et qu'elle avait été, en temps ordinaire, inférieure à 1/4 de volt.

M. J. C. Lee, de Boston, a provoqué l'attaque d'ob-

jets en plomb et en fer par l'action d'une différence de potentiel d'un centième de volt.

Moi-même j'ai produit, en quelques jours, une attaque sensible sur une anode en fer placée dans du sable de mer humide, sous l'action d'une différence de potentiel inférieure à 1 volt avec un débit de $0^a,03$ environ.

D[r] J.-A. Fleming.

(*A suivre.*)

RAFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE DU CUIVRE (*)

C'est en 1851 que James Watt a pris le premier brevet relatif à la préparation électrolytique du cuivre et de l'argent, mais c'est James Elkington qui mit à exécution les idées de Watt en montant en 1869 la *Pembrey Electrolytic Copper Refinery*, encore actuellement en existence. Le développement de cette industrie ne s'est produit qu'à partir de 1884, par suite des demandes de cuivre pur faites par le constructeur de machines, appareils et lignes électriques. Aujourd'hui, on estime que les 31 raffineries fonctionnant dans le monde entier raffinent électriquement plus du tiers de la production totale des mines de cuivre. Cela tient à ce que le raffinage fournit des boues renfermant de l'or et de l'argent en quantités suffisantes pour payer le traitement, et l'on estime que les *impuretés* ainsi recueillies dans les raffineries ont actuellement pour valeur la modeste somme de trente-deux millions par an. Mais le cuivre raffiné obtenu jusqu'à ces dernières années présentait une stucture cristalline grossière et devait être refondu avant de s'introduire dans le commerce sous forme de lingots; il fallait donc de nouvelles opérations métallurgiques pour obtenir des tôles, des tubes ou des fils. On s'explique ainsi les nombreuses tentatives faites pour obtenir sur les cathodes des cuves de raffinage un cuivre dense,

(*) *L'Industrie électrique*, 25 novembre 1898.

homogène, présentant tous les caractères physiques et les formes exigées par le plus grand nombre des applications.

Il a fallu vaincre de nombreuses difficultés avant d'atteindre la perfection industrielle, et c'est depuis deux ans seulement que deux procédés assez différents donnent les résultats voulus et sont appliqués sur une échelle importante : ce sont les procédés Elmore et les procédés Dumoulin, exploités tous deux par des Compagnies puissantes.

Procédé Elmore. — Ce procédé, dont les premiers brevets datent de 1888, s'est successivement modifié par les enseignements de la pratique : il doit sa valeur actuelle à des tours de main et secrets de fabrication, la plupart non brevetables, ce qui explique la rigueur avec laquelle les usines sont fermées aux visiteurs. On sait que le procédé Elmore consiste en principe à fabriquer des tubes de cuivre sans soudure en faisant déposer électrolytiquement ce cuivre sur des mandrins de diamètre convenable, animés d'un mouvement de rotation, et en exerçant une pression mécanique sur le cuivre déposé à l'aide de brunissoirs en agate frottant à sa surface. En pratique, ce frottement exfoliait le cuivre, et les nouveaux procédés ont, paraît-il, fait complètement disparaître cet inconvénient. On peut juger de la valeur des procédés nouveaux par le fait que l'*Anaconda Copper Mining C°* négocie l'achat des nouveaux brevets et procédés pour les appliquer aux États-Unis.

Les Compagnies Elmore, au nombre de trois en Europe, produisent 120 tonnes de cuivre électrolytique par semaine dans leurs usines de Leeds, en

Angleterre, 200 tonnes par semaine dans les usines de Dives, en France, et 35 tonnes par semaine dans les usines de Schladern, en Allemagne.

Procédé Dumoulin. — Les premiers brevets de M. Dumoulin, de Paris, datent de 1895 : ils sont actuellement la propriété de l'*Electrical Copper C°*, de Londres, qui vient d'installer une importante usine à Widnes, dans le Lancashire, pour faire l'essai du procédé sur une échelle industrielle. Dans ce procédé, le cuivre est déposé sur un mandrin rotatif horizontal dont une moitié seulement plonge dans l'électrolyte. Sur le cylindre viennent frotter des *imprégnateurs* qui appliquent une couche mince de matière isolante sur toutes les aspérités qui tendraient à se produire à la surface par suite d'un dépôt inégal. Cette matière isolante protège ainsi ces aspérités de tout dépôt ultérieur jusqu'à ce qu'elles soient revenues *à l'alignement.* La couche isolante est continuellement enlevée par l'action oxydante de l'air et de l'électrolyte, et le dépôt électrolytique recommence chaque fois que la protection isolante déposée par l'imprégnateur a disparu.

L'installation de Widnes comprend 5 dynamos à courant continu de 97 kilowatts chacune (1 300 A, 75 v), alimentant trente bacs de raffinage montés en tension. Chaque bac en bois doublé de plomb renferme une solution de sulfate de cuivre à 40 pour 100 de sel et 7 pour 100 d'acide sulfurique. Cette solution est maintenue en un état continuel d'agitation par la rotation des mandrins cylindriques de $3^{m},6$ de longueur et de 40 cm de diamètre sur lesquels vient se déposer le cuivre. Les imprégnateurs sont constitués

par une série de petites banquettes en peau de mouton montées sur une traverse en bois animée d'un mouvement longitudinal. La surface du cylindre est ainsi légèrement frottée par ces bandes de peau de de mouton, mais la nature de la matière isolante dont ces peaux sont imprégnées — si elles le sont — ne nous est pas révélée par nos confrères anglais à qui nous arrachons ces détails en les compilant dans diverses publications.

Les anodes sont constituées par une série de plaques épaisses de cuivre impur roulées grossièrement en forme de demi-circonférence et dont les extrémités repliées en dehors reposent sur les bords du bac.

Le mandrin est isolé à ses extrémités dans les paliers qui le supportent et communique avec le pôle négatif de la source par des frotteurs. Après avoir imprégné le mandrin d'une substance qui empêche le cuivre d'y adhérer fortement, on fait passer le courant, et dès que toute la surface est recouverte de cuivre, on fait agir les frotteurs. Le mandrin tourne à une grande vitesse et l'électrolyte est mis en circulation active pendant toute la durée de l'opération. La durée normale d'une opération est de 10 heures et le dépôt de cuivre est de 20 kg. sous une épaisseur de 3 mm. La densité du courant est de 430 A par m^2, tandis qu'il ne dépasse pas la moitié de ce chiffre dans les raffineries utilisant des cathodes immobiles. Le temps gagné par la rapidité du dépôt réduit dans une large mesure la dépense de premier établissement, les prix des matières premières engagées dans les cuves et les amortissements correspondants. La différence de potentiel absorbée au commencement de l'opération est de $1^{volt},6$ par bac, mais elle s'élève

graduellement avec l'usure des anodes. Le tube terminé, fendu à l'outil et ouvert, se transforme en une planche de cuivre de $4^{m^2},5$. L'usine de Widnes peut en produire 60 par jour. Après leur redressement, les planches de cuivre sont recuites au rouge et plongées dans une solution d'acide sulfurique qui dissout les oxydes formés à leur surface pendant le recuit. La solution de cuivre électrolytique sortant des bacs est amenée dans un puits où elle est puisée pour être filtrée, refroidie et remontée dans un réservoir d'où elle s'écoule à nouveau dans les bacs d'électrolyse. Les boues résultant du filtrage sont traitées à part.

Les deux procédés que nous venons de décrire sommairement, d'après nos confrères anglais, fournissent des produits industriels satisfaisants : leur succès économique est lié à la richesse des impuretés des métaux soumis à l'opération du raffinage électrolytique.

L'Europe ne peut plus, dès à present, compter sur les cuivres américains, car les raffineries électrolytiques du nord de l'Amérique absorbent déjà pratiquement toute la production des minerais argentifères. C'est de la Colombie britannique et de la Tasmanie qu'il faudra tirer, dans un avenir très prochain, les matières premières nécessaires au succès industriel du raffinage électrolytique du cuivre. A. Z.

LOI DU 25 JUIN 1895

CONCERNANT L'ÉTABLISSEMENT

DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

AUTRES QUE LES

CONDUCTEURS TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES (*)

Article premier. — En dehors des voies publiques, les conducteurs électriques qui ne sont pas destinés à la transmission des signaux et de la parole, et auxquels le décret-loi du 27 décembre 1851 n'est pas dès lors applicable, pourront être établis sans autorisation ni déclaration.

Art. 2. — Les conducteurs aériens ne pourront être établis dans une zone de 10 mètres en projection horizontale de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique, sans entente préalable avec l'administration des postes et des télégraphes.

En conséquence, tout établissement de conducteurs dans les conditions du paragraphe précédent devra faire l'objet d'une déclaration préalable adressée au préfet du département et au préfet de police dans le

(*) Nous reproduisons ci-après les instructions récentes concernant l'application de la loi de 1895; avant de le faire, nous croyons utile de rappeler le texte de ladite loi.

ressort de sa juridiction. Cette déclaration sera enregistrée à sa date et il en sera donné récépissé. Elle sera communiquée sans délai au chef du service local des postes et télégraphes et transmise par les soins de ce dernier à l'administration centrale.

Le département des postes et des télégraphes devra notifier, dans un délai de trois mois à partir de la déclaration, l'acceptation du projet présenté ou les modifications qu'il réclame dans l'établissement des conducteurs aériens.

En cas de non-entente, les conducteurs aériens seront établis conformément à la décision du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et télégraphes et après avis du comité d'électricité visé par l'article 6 ci-dessous.

En cas d'urgence et en particulier dans le cas d'installation temporaire, le délai de trois mois prévu au troisième paragraphe du présent article pourra être abrégé.

Art. 3. — Le ministre, après avis du comité d'électricité, détermine les modifications à apporter, pour garantir les lignes, aux conducteurs existant actuellement dans la zone ci-dessus, et cela sous réserve des droits qui pourraient être acquis. Le département des postes et des télégraphes avisera, dans un délai de six mois au plus à partir de la promulgation de la présente loi, les exploitants dont les conducteurs devraient être modifiés. Ceux qui font usage de ces conducteurs sont tenus de se conformer aux prescriptions ministérielles dans un délai maximum d'un an à partir d'une mise en demeure adressée par le département des postes et des télégraphes.

Art. 4. — Aucun conducteur ne peut être établi au-dessus ou au-dessous des voies publiques sans une autorisation donnée par le préfet, sur l'avis technique des ingénieurs des postes et des télégraphes, et conformément aux instructions du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Art. 5. — Les dispositions ci-dessus ne concernent pas les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'État ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'administration.

Les projets de ces installations électriques ainsi que toutes les modifications qui y sont apportées devront, sauf lorsqu'ils concerneront les chemins de fer et les voies navigables, être soumis à l'approbation du ministre des postes et des télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

Art. 6. — Il sera formé près le ministère du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, un comité d'électricité permanent, composé, pour une moitié, de représentants professionnels des grandes industries électriques de France ou des industries faisant usage des applications de l'électricité.

Les membres de ce comité et son président seront nommés par le ministre. Le président sera choisi en dehors des membres du comité.

Le comité d'électricité donnera son avis sur les règles générales applicables dans les cas visés aux

articles 4 et 5 ci-dessus et sur toutes les questions qui lui seront soumises par le ministre.

Art. 7. — Toute installation électrique devra être exploitée et entretenue de manière à n'apporter, par induction, dérivation ou autrement, aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques par les lignes préexistantes.

Lorsque l'installation exigera, dans ce but, le déplacement ou la modification des lignes télégraphiques ou téléphoniques préexistantes, le comité d'électricité sera consulté conformément aux articles 2, 3 et 6 ci-dessus. Les frais nécessités par ces déplacements ou modifications seront à la charge de l'exploitant.

Art. 8. — Quiconque aura contrevenu aux dispositions de la présente loi ou des règlements d'exécution sera, après une mise en demeure non suivie d'effet, puni des pénalités portées à l'article 2 du décret-loi du 27 décembre 1851.

Les contraventions seront constatées, poursuivies et réprimées dans les formes déterminées par le titre V dudit décret.

Art. 9. — Le décret du 15 mai 1888 est abrogé.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 25 juin 1895.

FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République,
Le Ministre du Commerce, de l'Industrie,
des Postes et des Télégraphes.

ANDRÉ LEBON.

CIRCULAIRE, INSTRUCTION ET DOCUMENTS

CONCERNANT

L'APPLICATION DE LA LOI DU 25 JUIN 1895

SUR L'ÉTABLISSEMENT DES

CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

BORDEREAU GÉNÉRAL.

1° Circulaire ministérielle;
2° Instruction technique.

MODÈLES D'IMPRIMÉS JOINTS :

État des renseignements n° 1 (art. 2 de la loi du 25 juin 1895);
État des renseignements n° 2 (art. 4 et 5 de la loi du 25 juin 1895);
Projet d'arrêté préfectoral d'autorisation (art. 4 de la loi du 25 juin 1895);
Registre de contrôle.

MINISTÈRE DU COMMERCE,
DE L'INDUSTRIE,
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

SOUS-SECRÉTARIAT D'ÉTAT
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

DIVISION
DU MATÉRIEL
ET DE
L'EXPLOITATION ÉLECTRIQUE.

4e BUREAU.

CIRCULAIRE N° 43.

Application
de la loi du 25 juin 1895.

Paris, le 5 septembre 1898.

MONSIEUR LE PRÉFET,

Le décret du 15 mai 1888 rendait obligatoire la formalité de la déclaration pour les installations de conducteurs d'énergie électrique alors même qu'elles n'intéressaient ni la sécurité publique ni le service télégraphique.

La loi du 25 juin 1895 a abrogé ce décret pour lui substituer un régime plus libéral.

Distinction de cinq cas dans l'application de la loi.

Dans l'application de cette loi, il y a lieu de distinguer cinq cas :

1° Les installations faites en dehors des voies publiques et qui ne sont pas susceptibles d'atteindre les lignes télégraphiques ou téléphoniques appartenant à un service de l'État (*art. 1 et 2 de la loi*)*.

2° Les installations faites en dehors des voies publiques et comportant des conducteurs aériens passant dans une zone de 10 mètres, en projection horizontale, de chaque côté

(*) Les lignes sont considérées comme pouvant être atteintes chaque fois que les conducteurs d'énergie électrique à poser sont aériens et passent dans une zone de 10 mètres en projection horizontale de chaque côté de ces lignes (art. 2). Cette distance de 10 mètres est, en effet, celle qui est nécessaire pour la protection d'une ligne au point de vue purement mécanique. Elle correspond à la plus grande hauteur au-dessus du sol des poteaux employés, de telle sorte que le renversement d'un poteau sur une ligne voisine maintenue à cette distance ne puisse l'atteindre.

d'une ligne télégraphique ou téléphonique appartenant à un service de l'État (*art. 2 de la loi*).

3° Les installations faites au-dessus ou au-dessous des voies publiques ou sur un terrain domanial (*art. 4 de la loi*).

4° Les installations empruntant le domaine public et faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'État ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'administration (*art. 5 de la loi*).

5° Les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables (*art. 5 de la loi*).

Les installations de la première catégorie ne sont plus soumises à aucune formalité; chacun est libre d'établir, dans ce cas, ses lignes à ses risques et périls, quelles que soient d'ailleurs l'intensité et la tension des courants employés.

Lorsqu'il s'agit d'installation de la deuxième catégorie, on n'a le droit d'établir des conducteurs d'énergie électrique ou de modifier une installation existante qu'après une déclaration préalable adressée au Préfet du département ou au Préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

Pour les installations de la troisième catégorie, une autorisation spéciale est nécessaire (*art. 4 de la loi*).

Les projets d'installations de la quatrième catégorie doivent être soumis à l'approbation du Ministre du commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

Enfin les installations de la cinquième catégorie sont soumises aux seules formalités qui découlent de l'application de l'*art. 2 de la loi*.

Les indications qui vont suivre visent uniquement le mode d'application de la loi du 25 juin 1895. Les formalités y relatives sont donc indépendantes de celles déterminées par les règlements de voirie qui demeurent entières.

Obligations du public dans le cas où il n'y a lieu ni à déclaration ni à autorisation.

(Art. 1 et 2 de la loi.)

Lorsque l'installation rentre dans la première catégorie et ne donne lieu ni à déclaration ni à autorisation, les propriétaires d'installations d'énergie électrique ne sont soumis

qu'aux obligations résultant de l'article 7 de la loi qui assure la protection des lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les troubles pouvant provenir de l'exploitation des installations d'énergie.

Formalités à remplir dans le cas de déclaration.

(Art. 2 de la loi.)

Les propriétaires d'installations d'énergie électrique rentrant dans la deuxième catégorie indiquée plus haut doivent adresser une déclaration au Préfet du département ou au Préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

La date de cette déclaration forme le point de départ du délai maximum de trois mois dans lequel l'Administration doit notifier au pétitionnaire l'acceptation du projet ou les modifications qu'elle réclame.

La déclaration doit comprendre :

a) Une description détaillée du projet d'installation;

b) Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution;

c) Un état des renseignements conforme au modèle n° 1 annexé à la présente circulaire;

d) Un tracé de la ligne, fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiqnes ou téléphoniques, etc.

Vous aurez, Monsieur le Préfet, à communiquer, chaque fois, le dossier complet au directeur des Postes et des Télégraphes de votre département.

Lorsque l'ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier, soit directement, soit après communication à l'administration centrale, lorsque la nature plus particulière des installations projetées aura paru nécessiter un examen spécial du Comité d'électricité.

L'étude du dossier sera faite en appliquant les prescriptions techniques mentionnées dans l'instruction ci-jointe et dont les termes ont été arrêtés après avis du Comité d'électricité, conformément à l'article 6 de la loi.

La communication à l'Administration centrale n'aura lieu

que lorsque l'installation projetée comportera une dérogation à ces prescriptions.

Vous ferez connaître à l'intéressé l'avis ainsi établi. Il conviendra de lui rappeler en même temps que les prescriptions en sont obligatoires sauf recours de sa part au Ministre des Postes et des Télégraphes qui, dans ce cas, statuera après avis du Comité d'électricité.

Formalités à remplir dans le cas d'autorisation.

(Art. 4 de la loi.)

Toute installation d'énergie électrique rentrant dans cette catégorie suppose une double autorisation préalable :

1° Une autorisation des services de voirie intéressés, donnant au pétitionnaire le droit d'occuper matériellement une partie de l'espace en y établissant des conducteurs;

2° Une autorisation visant les conditions électriques dans lesquelles le courant peut circuler dans lesdits conducteurs.

A cette double autorisation correspond, en outre, un double contrôle : contrôle des conditions de voirie, contrôle des conditions électriques.

Les conditions de délivrance des autorisations de voirie sont régies par les règlements ordinaires affectant la matière, et dont l'effet demeure entier.

Les conditions de délivrance des autorisations de circulation de courant sont les suivantes :

Les propriétaires d'installations d'énergie électrique rentrant dans la troisième catégorie visée par la loi du 25 juin 1895 doivent adresser au Préfet une demande d'autorisation.

A cette demande doivent être joints :

1° Une description détaillée du projet d'installation;

2° Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution;

3° Un état des renseignements conforme au modèle n° 2 annexé à la présente circulaire;

4° Un tracé de la ligne fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques, voies ferrées, etc.

Vous aurez à transmettre ce dossier ainsi constitué au directeur des Postes et des Télégraphes de votre département qui le fera examiner par l'ingénieur, comme il a été dit dans le cas précédent (*art. 4 de la loi*).

Lorsque cet ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier soit directement, soit après communication à l'Administration centrale. La communication à l'Administration centrale ne sera d'ailleurs faite que si l'installation projetée donne lieu de craindre des troubles sur les fils de l'État préexistants et s'il y a lieu, par suite, de passer avec le pétitionnaire une convention réglant les indemnités qui seraient dues par lui à l'Administration des Postes et des Télégraphes pour l'exécution des mesures de préservation nécessaires.

Vous aurez enfin, Monsieur le Préfet, à prendre un arrêté spécial d'autorisation, pour ce qui concerne la loi du 25 juin 1895, et conforme au type joint à la présente circulaire.

Cette autorisation soumettra le permissionnaire aux conditions électriques indiquées par le service des Postes et Télégraphes et qui, sauf exception admise après avis du Comité d'électricité, seront toujours conformes à celles énumérées dans l'instruction ci-jointe.

L'arrêté devra notamment désigner l'ingénieur des Postes et des Télégraphes chargé du contrôle des conditions électriques et faire connaître les obligations du permissionnaire, en ce qui concerne la surveillance et l'entretien de son installation.

Dès que cet arrêté aura été rendu, le permissionnaire, *muni des autorisations de voirie nécessaires*, sera libre de procéder à l'installation. Il pourra, *sous réserve des formalités à remplir vis-à-vis des services de voirie*, faire circuler son courant à la suite d'un simple avis adressé contre reçu, au directeur des Postes et des Télégraphes, si l'installation est du type dit « à basse tension ». S'il s'agit d'une installation dite « à haute tension », il fera connaître au directeur la date d'achèvement de ses travaux; l'ingénieur chargé du contrôle procédera aussitôt aux essais réglementaires. Si les résultats obtenus sont satisfaisants, mention en sera faite sur le registre de contrôle à la suite des essais et cette inscription tiendra lieu d'autorisation de mise en service.

Dans quelques cas spéciaux, s'il s'agit, par exemple, de conducteurs prenant appui sur des ouvrages appartenant aux Compagnies de chemins de fer, ou passant en dessus ou en dessous de leurs emprises, etc., il sera nécessaire de demander l'avis et l'adhésion des services intéressés. Cette mission incombe à l'ingénieur des Postes et des Télégraphes au cours de son étude du dossier; le texte d'arrêté qui vous sera proposé par le directeur sera donc toujours établi après cette entente, sans que vous ayez à provoquer de nouvelles conférences à ce sujet.

Les indications qui précèdent visent les formalités à remplir dans le cas de l'établissement d'une installation entièrement nouvelle.

Lorsqu'il s'agira d'établissement de branchements dans une installation déjà autorisée, les formalités seront encore simplifiées; il suffira que le permissionnaire adresse, contre reçu, à l'ingénieur du contrôle des conditions électriques, une demande spécifiant la longueur du branchement, la section et l'isolement des conducteurs, ainsi que tous les renseignements utiles pour définir l'emplacement choisi.

Si, dans les huit jours, le permissionnaire n'a pas reçu avis contraire, et toujours sous réserve de l'exécution des formalités de voirie, il sera libre d'exécuter ses travaux.

Formalités à remplir dans le cas d'approbation ministérielle.

(Art. 5 de la loi.)

Les installations soumises à la formalité de l'approbation ministérielle (art. 5) sont les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'État ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'administration.

Il convient d'entendre par là :

1° Les installations faites par les administrations de l'État pour les besoins de leur exploitation et empruntant le domaine public, c'est-à-dire autres que celles tombant sous le coup des articles 1 et 2 de la loi;

2° Les installations faites par les entreprises de services

publics soumises à un contrôle électrique déjà organisé par l'État.

Vous remarquerez que cette définition comprend la plupart des installations dont la concession fait l'objet d'une loi ou d'un décret d'utilité publique, notamment les tramways électriques. Par contre, les distributions d'énergie électrique faites pour le compte des particuliers ou pour les communes et empruntant les voies publiques tombent sous le coup de l'article 4 de la loi, parce que le contrôle électrique de l'État ne sera organisé pour elles que par l'arrêté préfectoral d'autorisation, comme il est indiqué ci-dessus (pages 4 et 5).

La procédure à suivre dans le cas des installations soumises à l'approbation ministérielle comporte :

1° La tenue d'une conférence à deux degrés entre les services intéressés, l'ingénieur des Postes et des Télégraphes représentant l'Administration au premier degré, le directeur au second degré.

Cette conférence doit être provoquée soit par le représentant de l'Administration pour le compte de laquelle est faite l'installation, soit par le représentant de l'Administration par l'intermédiaire de laquelle l'entreprise en cause a sollicité la concession du service.

Elle a pour but d'arrêter de concert, après examen des projets détaillés de l'installation, les conditions électriques qui sont imposables à celle-ci.

Lorsque la concession du service public en cause devra être faite par un décret d'utilité publique ou une loi, une première conférence sommaire devra avoir lieu, dès le début de l'instruction, de manière à faire connaître, dès l'origine, au pétitionnaire, avec toute l'approximation possible, les obligations auxquelles il aura à se soumettre au point de vue des conditions électriques;

2° L'envoi du procès-verbal de la conférence à l'Administration centrale. Cet envoi doit être accompagné d'un dossier constitué comme il a été dit plus haut, à propos des installations soumises au régime de l'autorisation;

3° La promulgation d'un arrêté pris par le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et déterminant en dernier ressort, d'une part, les conditions

électriques imposables à l'installation, d'autre part, les fonctionnaires chargés par lui de vérifier que ces conditions sont bien remplies.

Cet arrêté vous sera ensuite transmis et vous aurez à en faire assurer l'exécution par les intéressés.

Cas des installations concernant les chemins de fer et les voies navigables.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables ne sont soumises à aucune formalité.

Toutefois, conformément à l'article 2 de la loi, elles devron faire l'objet d'une déclaration lorsqu'elles passeront à moins de dix mètres en projection horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique.

Mesures à prendre pour assurer l'application de l'article 7.

Toutes les installations électriques, sans exception, demeurent soumises aux prescritions de l'article 7 de la loi du 25 juin 1895 et doivent être exploitées de manière à n'apporter aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques.

Lorsqu'une installation électrique trouble les transmissions télégraphiques ou téléphoniques d'une manière quelconque, le directeur du département en informe l'exploitant, le met en demeure de faire cesser le trouble immédiatement et prend, s'il y a lieu, toutes les mesures nécessaires, conformément à l'article 12 du décret-loi du 27 décembre 1851.

A partir de cette mise en demeure, l'auteur du dommage n'a plus à exciper de son ignorance. Il sait qu'il tombe sous le coup de la loi et des pénalités qu'elle édicte, s'il ne prend les mesures nécessaires pour remédier à l'état de choses qui lui est signalé.

Lorsque les troubles atteignent des lignes télégraphiques ou téléphoniques installées postérieurement à l'établissement des conducteurs d'énergie électrique, il appartient à l'Administration des Postes et des Télégraphes d'aviser au moyen de se garantir elle-même contre ces troubles et, s'il

est nécessaire, de demander des modifications à l'installation de ces conducteurs; elle en supportera alors les frais et l'industriel ou le service public intéressé sera tenu de les exécuter.

Instruction technique jointe à la présente circulaire. Comité d'électricité.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, les directeurs et ingénieurs des Postes et des Télégraphes chargés d'étudier les projets d'installation qui leur seront soumis devront se conformer aux indications contenues dans l'instruction technique jointe à la présente circulaire.

Cette instruction a été arrêtée après avis du Comité d'électricité institué par l'article 6 de la loi et qui a pour mission d'étudier, à titre consultatif, soit les prescriptions réglementaires à imposer, soit les dispositions à prendre dans chaque cas particulier, en vue de garantir le bon fonctionnement des lignes télégraphiques ou téléphoniques.

Vous devrez donner à cette instruction la plus grande publicité possible, de manière à mettre les intéressés en mesure d'en tenir compte dans l'établissement de leurs projets.

Afin de la maintenir toujours en harmonie avec les progrès de la science et les nécessités nouvelles qui en résulteront, cette instruction sera revisée chaque année après avis du Comité d'électricité.

D'une manière générale, tout particulier, en cas de désaccord avec l'Administration locale, peut en référer au Ministre. Le Comité sera toujours appelé à donner son avis sur les questions ainsi soulevées. Sa composition, dans laquelle l'industrie est si largement représentée, et la compétence de ses membres sont un sûr garant que les solutions indiquées seront de nature à sauvegarder heureusement les intérêts en jeu. Ces avis contribueront à former peu à peu une jurisprudence autorisée et il n'est pas douteux qu'à ce point de vue les prévisions du législateur ne soient pleinement justifiées.

Telles sont, Monsieur le Préfet, les dispositions destinées à assurer l'application de la loi du 25 juin 1895. Ces disposi-

tions abrogent toutes les prescriptions d'ordre électrique autres que celles mentionnées dans les instructions ci-jointes.

Vous voudrez bien m'accuser réception de la présente circulaire et de ses annexes. Une ampliation en est également adressée à tous les directeurs des Postes et des Télégraphes.

Le Ministre du Commerce, de l'Industrie,
des Postes et des Télégraphes,

E. MARUÉJOULS.

MINISTÈRE DU COMMERCE,
DE L'INDUSTRIE,
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

SOUS-SECRÉTARIAT D'ÉTAT.
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.



INSTRUCTION TECHNIQUE

POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

(APPLICATION DE LA LOI DU 25 JUIN 1895.)

La présente instruction a pour objet de définir les conditions électriques imposables aux installations d'énergie électrique, par application de la loi du 25 juin 1895.

On désignera, dans ce qui suit :

Sous le nom d'*installations à haute tension* les installations à courant continu utilisant des tensions supérieures à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces supérieures à 120 volts;

Sous le nom d'*installations à basse tension* les installations à courant continu utilisant des tensions inférieures ou égales à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces inférieures ou égales à 120 volts.

CHAPITRE PREMIER

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs aériens.

ARTICLE PREMIER.

SUPPORTS.

Les supports doivent présenter toutes les garanties de solidité nécessaires.

En particulier, les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité ou du sol.

ARTICLE 2.

ISOLATEURS.

La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 mètres, sauf exception motivée.

L'emploi des isolateurs à huile ou à simple cloche est considéré comme insuffisant dans les installations à haute tension.

ARTICLE 3.

CONDITIONS SPÉCIALES D'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS AÉRIENS.

§ 1er. *Résistance mécanique.*

Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils auront à supporter.

§ 2. *Conducteurs recouverts d'un isolant.*

Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, la matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 2 millimètres et être suffisamment protégée, aux points d'attache, contre la détérioration ou l'usure par le frottement.

Cette couverture doit être entretenue en bon état.

§ 3. *Interdiction de l'accès des conducteurs au public.*

a) Les conducteurs doivent être hors de la portée du public.

b) Chaque support portera l'inscription : « Défense absolue de toucher aux fils ».

c) Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, le permissionnaire doit munir les supports, sur une hauteur de 50 centimètres, à partir de 2 mètres au-dessus du sol, de dispositions spéciales pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs.

En outre, sur les appuis d'angle, on prendra les dispositions nécessaires pour que le conducteur d'énergie électrique, au cas où il viendrait à abandonner l'isolateur, soit encore retenu et ne risque pas de traîner sur le sol.

§ 4. *Traversée des voies publiques.*

Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, un filet de protection sera établi au-dessous des conducteurs d'énergie électrique, dans toute la partie correspondant à la traversée des voies publiques, rivières et canaux navigables, à moins que le permissionnaire n'ait fait agréer une disposition rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture.

§ 5. *Traversée des lieux habités.*

Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs d'énergie électrique sont, en outre, soumis aux règles suivantes :

Si les conducteurs de la canalisation principale prennent leur appui aux maisons riveraines, ils doivent être placés à 1 mètre au moins des façades, à 50 centimètres au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, hors de la portée des habitants.

S'ils passent au-dessus d'un toit, ils doivent en être à une distance de 2m,50 au moins.

§ 6. *Branchements particuliers.*

Les conducteurs formant branchement particulier doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

ARTICLE 4.

VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES APPARTENANT A L'ÉTAT.

§ 1. Dans tous les cas, la distance entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques doit être d'un mètre au moins.

§ 2. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique parcourus par des courants dits « à haute tension » suivent parrallèlement une ligne télégraphique ou téléphonique, la distance à établir entre ces lignes devra toujours être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Lorsque les conducteurs d'énergie seront fixés sur toute leur longueur, cette distance pourra être réduite à 1 mètre, comme il est dit ci-dessus (§ 1er). Dans tous les autres cas, elle ne sera jamais inférieure à 2 mètres.

Les distances ci-dessus (§§ 1 et 2) sont d'ailleurs indiquées sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 3. Aux points de croisement et dans le cas de courants dits « à haute tension », tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques préexistants sera prévenu à l'aide d'un dispositif mécanique de garde.

Quand il s'agira de conducteurs parcourus par des courants dits « à basse tension » et si le permissionnaire ne veut pas recourir au dispositif indiqué ci-dessus, l'Administration établira, si elle le juge nécessaire, aux frais dudit permissionnaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques ou téléphoniques intéressés.

§ 4. Si l'Administration vient à établir ultérieurement des lignes télégraphiques ou téléphoniques croisant les conducteurs d'énergie électrique, les frais résultant des mesures de précaution indiquées ci-dessus seront à la charge de l'Administration et le permissionnaire sera tenu d'exécuter les travaux qui lui seront indiqués.

ARTICLE 5.

ISOLEMENT ÉLECTRIQUE DE L'INSTALLATION.

L'ensemble des conducteurs aériens de l'installation sera

établi de manière à présenter un isolement kilométrique minimum de 5 mégohms, s'il s'agit d'installations dites « à haute tension », ou de 1 mégohm, s'il s'agit d'installations dites « à basse tension ».

Dans l'appréciation de cette valeur minimum d'isolement, les agents contrôleurs devront d'ailleurs tenir compte de l'ensemble des mesures périodiques qui doivent être réglementairement effectuées par les exploitants.

CHAPITRE II.

Prescriptions techniques spéciales aux conducteurs souterrains

ARTICLE 6.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS SOUTERRAINS.

§ 1er. *Protection mécanique.*

Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouille.

§ 2. *Conducteurs électriques placés dans une conduite métallique.*

Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils doivent être isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 3. *Précautions contre l'introduction des eaux.*

Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter autant que possible l'introduction des eaux. En tout cas, des précautions doivent être prises pour assurer la prompte évacuation des eaux et le drainage des fouilles.

§ 4. *Passage sur des ouvrages métalliques.*

Lorsque les câbles seront installés sur un ouvrage métallique, l'établissement de boîtes de coupure aux deux extrémités de l'ouvrage pourra être exigé de manière à permettre

de vérifier aisément si le tronçon ainsi constitué présente la résistance d'isolement prescrite par l'article 11 ci-dessous.

ARTICLE 7.



VOISINAGE DES CONDUITES DE GAZ.

Lorsque, dans le voisinage des conducteurs d'énergie électrique, il existe des conduites de gaz, et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissionnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

ARTICLE 8.

VOISINAGE DES CONDUITES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES.

§ 1[er]. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique suivent une direction commune avec une ligne télégraphique ou téléphonique, une distance d'au moins 1 mètre en projection horizontale doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique ou téléphonique, sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 2. Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie électrique doivent être placés à une distance minimum de $0^{m},50$ des conduites télégraphiques ou téléphoniques, à moins que la canalisation ne présente en ces points les mêmes garanties, aux points de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, que les câbles concentriques ou cordés, à enveloppe de plomb et armés.

ARTICLE 9.

REGARDS.

Les regards établis par le permissionnaire ne doivent renfermer ni tuyaux d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être convenablement solées par rapport aux conducteurs d'énergie électrique.

ARTICLE 10.

BRANCHEMENTS.

Les conducteurs d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

ARTICLE 11.

ISOLEMENT ÉLECTRIQUE DE L'INSTALLATION.

Le réseau de conducteurs doit être disposé de telle manière qu'on puisse débrancher les canalisations privées et diviser en tronçons la canalisation principale.

La résistance absolue d'isolement de chaque tronçon entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être numériquement inférieure à cinq fois le carré de la plus grande différence de potentiel efficace entre les conducteurs, exprimée en volts.

CHAPITRE III.

Tramways à traction électrique.

ARTICLE 12.

VOIES.

La conductibilité de la voie devra être assurée dans les meilleures conditions possibles.

La perte de charge kilométrique le long de la voie ne devra pas dépasser 1 volt. Des précautions spéciales pourront en outre être prescrites en vue de protéger les masses métalliques de toute nature contre l'action des courants de retour.

Lorsque la voie passera sur un ouvrage métallique, elle devra être autant que possible isolée électriquement du sol dans la traversée de l'ouvrage. Les connexions devront être établies de telle sorte que la chute de potentiel entre les deux extrémités de l'ouvrage ne dépasse pas en marche normale 0,25 volt. Des mesures d'espèce pourront enfin être

prescrites en vue d'atténuer la différence de potentiel entre la masse de l'ouvrage et le sol, toutes les fois que cela sera jugé nécessaire.

Les limites indiquées ci-dessus devront s'appliquer uniquement aux pertes de charge moyennes rapportées à la durée de marche.

ARTICLE 13.

FIL DE TROLLEY.

Des dispositifs destinés à protéger mécaniquement les lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les contacts avec le fil de trolley devront être établis à tous les points de croisement.

ARTICLE 14.

CAS PARTICULIER DU MONTAGE AVEC FIL NEUTRE.

L'emploi de deux fils de trolley supportés par un même appui sera admis lorsque le montage de l'installation comportera l'emploi des voies de retour commme fil neutre.

ARTICLE 15.

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES.

Sous réserve des prescriptions ci-dessus, il sera fait application aux installations de tramways de toutes les dispositions énoncées dans les chapitres I et II, et applicables en l'espèce.

CHAPITRE IV.

Dispositions générales.

ARTICLE 16.

Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit.

ARTICLE 17.

TRANSFORMATEURS.

Toutes les parties accessibles des transformateurs devront être mises soigneusement à la terre.

L'isolement entre chacun de leurs circuits ainsi qu'entre le primaire et la terre ne devra jamais être inférieur à 100 mégohms, mesuré à froid (15° environ) ou 10 mégohms, mesuré à chaud (70° environ).

ARTICLE 18.

VOISINAGE DES POUDRERIES ET POUDRIÈRES.

Aucun conducteur d'énergie électrique ne peut être établi à moins de 20 mètres d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions ou à explosifs, si ce conducteur est aérien, de 10 mètres si ce conducteur est souterrain.

Cette distance se compte à partir de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. Si ce mur n'existe pas, on devra considérer comme limite dudit magasin :

1° Le pied du talus des massifs de terre recouvrant les locaux, si ceux-ci sont enterrés;

2° Les points où émergent les gaines ou couloirs qui mettent les locaux en communication avec l'extérieur, si ceux-ci sont souterrains.

ARTICLE 19.

EXCEPTIONS.

Les demandes relatives à des installations comportant des tensions supérieures à 10,000 volts ou des dispositions techniques non prévues dans la présente instruction, ou des dérogations à cette instruction, sont réservées à l'examen et à la décision de l'Administration supérieure.

ARTICLE 20.

RESPONSABILITÉ DU PERMISSIONNAIRE.

Il demeure entendu que, nonobstant les autorisations obtenues et l'application des dispositions ci-dessus, le permissionnaire est responsable vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et de conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

MINISTÈRE DU COMMERCE,
DE L'INDUSTRIE,
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.



ÉTAT DES RENSEIGNEMENTS N° 1

à joindre à une déclaration d'établissement de conducteurs d'énergie électrique en dehors des voies publiques[1] (*art.* 2 *de la loi du* 25 *juin* 1895).

Je soussigné[2] , demeurant à et faisant élection de domicile à , rue n° , voulant établir des conducteurs d'énergie électrique en dehors des voies publiques,

Lesdits conducteurs d'énergie électrique étant destinés à

Déclare fournir les renseignements suivants, en conformité des prescriptions ministérielles du 5 septembre 1898, et à l'appui de ma demande en date du

---

1. Cet imprimé est fourni gratuitement par l'Administration des Postes et des Télégraphes.
2. Nom et prénoms

LIGNE OU RÉSEAU DE A

DEMANDES.	RÉPONSES.

I. — SYSTÈME DE DISTRIBUTION.

Définition du système et en particulier le nombre de fils.	

II. — VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES.

	SECTIONS[1]	INTENSITÉ du courant circulant dans la section.	TENSION du courant circulant dans la section[2].	DISTANCE minimum.
1° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique *aériens* seront établis dans la zone de 10 mètres en projection horizontale située de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique aérienne et donner pour chacune de ces sections : 1° l'intensité et le voltage du courant circulant; 2° la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.				
2° Indiquer les points de croisement des conducteurs d'énergie électrique aériens avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques et faire connaître pour chacun de ces points les précautions prises pour éviter tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques dans les deux cas suivants :				

1. Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur la plan joint à la demande.

2. Indiquer s'il s'agit de courants alternatifs ou continus. Dans le cas de courants alternatifs, la tension à déclarer est la différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs; les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure.

DEMANDES.	RÉPONSES. POINTS de croisement.	RÉPONSES. PRÉCAUTIONS prises.
A. Cas de courants alternatifs de tension supérieure à 120 volts ou de courants continus de tension supérieure à 600 volts.		
B. Cas de courants alternatifs de tension égale ou inférieure à 120 volts ou de courants continus de tension égale ou inférieure à 600 volts.		

DEMANDES.	SECTIONS [1]	INTENSITÉ du courant circulant dans la section.	TENSION du courant circulant dans la section [2].	DISTANCE minimum
3° Indiquer les sections où la canalisation *souterraine* d'énergie électrique est à moins d'un mètre en projection horizontale d'une conduite télégraphique ou téléphonique et faire connaître pour chacune de ces sections : 1° l'intensité et la tension du courant circulant; 2° la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.				

1. Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur le plan joint à la demande.

2. Indiquer s'il s'agit de courants alternatifs ou continus. Dans le cas de courants alternatifs, la tension à déclarer est la différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs; les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure.

DEMANDES.	RÉPONSES.	
	POINTS.	DISTANCE MINIMUM.
4° Indiquer les points de croisement de la canalisation souterraine d'énergie électrique avec les conduites souterraines télégraphiques ou téléphoniques et faire connaître pour chacun de ces points la distance minimum auxdites conduites télégraphiques ou téléphoniques.		
	POINTS.	PRÉCAUTIONS PRISES.
5° Indiquer les précautions spéciales prises pour éviter les dérivations à ceux de ces points pour lesquels la distance est inférieure à 50 centimètres.		
6° Indiquer les précautions prises pour éviter l'induction.		
7° Indiquer les parties du réseau qui ne sont pas constituées par des conducteurs voisins parcourus par des courants égaux et de sens contraire.		

III. — CONTROLE.

Moyens mis par le déclarant à la disposition du service des Postes et Télégraphes, soit dans l'usine, soit sur les sections établies dans une zone de 10 mètres en projection horizontale de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique, pour mettre ce service en mesure de se rendre compte des données électriques du courant circulant sur ces sections.	

J'indique ci-dessous sur le croquis explicatif du système de distribution la section des conducteurs et les intensités du courant dans les diverses branches du circuit, quand le réseau fonctionnera à pleine puissance.

J'indique également sur ce croquis les sections de lignes télégraphiques ou téléphoniques, aériennes ou souterraines, qui seront placées dans la zone de 10 mètres et leurs distances aux conducteurs d'énergie électrique dont je demande l'établissement.

(Croquis.)

A , le[1]

1. Lieu, date et signature.

MINISTÈRE DU COMMERCE,
DE L'INDUSTRIE,
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

ÉTAT DES RENSEIGNEMENTS N° 2

à joindre à une demande d'autorisation d'établissement de conducteurs d'énergie électrique empruntant des voies publiques.
(Art. 4 et 5 de la loi du 25 juin 1895.)

Je soussigné (*a*) .... demeurant à .... et faisant élection de domicile à ...., rue .... n° ....,

Demandeur d'une autorisation pour établir des conducteurs d'énergie électrique empruntant des voies publiques,

Lesdits conducteurs d'énergie électrique étant destinés à ....
....
....
....
....

Déclare fournir les renseignements suivants en conformité des prescriptions de la circulaire ministérielle du 5 septembre 1898.

(*a*) Nom et prénoms.

Ligne ou Réseau

de (b) .... à (b) ....

VOIES PUBLIQUES EMPRUNTÉES.	LIEUX HABITÉS TRAVERSÉS.	COMMUNE.	DÉPARTEMENT.

(b) Indiquer les points extrêmes de départ et d'arrivée.

DEMANDES.	RÉPONSES

I. — SYSTÈME DE DISTRIBUTION.

Définition du système et en particulier le nombre de fils.	....

II. — LIGNE OU CANALISATION.

A. — Lignes aériennes (*c*).

1° Dans la traversée des lieux habités les conducteurs sont-ils nus ou recouverts ?

	CONDUCTEURS nus.	CONDUCTEURS recouverts.
2° Nomenclature des voies publiques suivies ou traversées par des conducteurs aériens, en distinguant les conducteurs nus et les conducteurs recouverts.		

3° Spécification des conducteurs nus :

Nature du métal.	....
Diamètres des conducteurs	....
Fatigue maximum des conducteurs (*f*).	(*d*) ...... Kg. par mm² de section.
Résistivité maximum à 18° (*g*)	....

(*c*) Biffer, s'il y a lieu, ce qui ne s'applique pas à l'espèce.
(*d*) En indiquer le nombre.
(*f*) Exprimer cette fatigue maximum en Kg. par m² pour le bois et par mm² pour les métaux dans l'hypothèse d'un vent produisant une pression de 280 Kg. par m².
(*g*) Exprimer cette résistivité en microhms-centimètres.

4° Spécification des conducteurs recouverts :	
Nature du métal.	....
Diamètre de l'âme.	....
Fatigue maximum des conducteurs (*f*).	(*d*) .... Kg. par mm² de section.
Résistivité maximum à 15° (*g*)	....
Nature des diverses couches isolantes.	....
Épaisseur totale de ces couches. . . .	....
5° Spécification des isolateurs :	
Simple cloche, double cloche, à huile (*c*).	....
6° Nombre et nature des supports établis :	
Sur la voie publique	(*d*) .... en ....
Sur façades	(*d*) .... en ....
Sur toitures	(*d*) .... en ....
7° Fatigue maximum :	
Des supports en bois (*f*).	....
Des supports en fer (*f*)	....
Des consoles en fer (*f*).	....
8° Distance maximum entre deux supports consécutifs.	....

B. — CANALISATION SOUTERRAINE (*c*).	CONDUCTEURS nus.	CONDUCTEURS recouverts.
1° Nomenclature des voies suivies ou traversées par des conducteurs souterrains, en distinguant les conducteurs nus et les conducteurs recouverts.		

2° Spécification des conducteurs nus :	
Nature du métal.	....
Diamètre des conducteurs.	....
Résistivité maximum à 15° (*g*)	....
3° Mode de support des conducteurs nus.	....
4° Spécification des conducteurs recouverts :	
Nature da l'âme.	....
Diamètre de l'âme.	....
Résistivité maximum à 15° centigrades (*g*)	....
Nature des couches isolantes	....
Épaisseur totale des couches isolantes.	....
5° Spécification des câbles armés :	
Nature de l'âme.	....
Diamètre de l'âme	....
Résistivité maximum à 15° centigrades (*g*).	....
Nature des couches isolantes	....
Épaisseur totale des couches isolantes.	....
Épaisseur de la chemise en plomb. .	....
Épaisseur de la couverture intermédiaire	....
Épaisseur des armatures métalliques.	....
Couverture extérieure.	....
6° Nature de la conduite souterraine (*h*).	....
7° Dimensions de la conduite souterraine :	
Hauteur intérieure.	....
Largeur intérieure.	....
Épaisseur	....
8° Précautions prises pour assurer la ventilation de la conduite souterraine . .	....
9° Précautions prises pour l'écoulement des eaux introduites accidentellement.	....

(*h*) S'il s'agit de béton de ciment, en indiquer le dosage.

III. — COURANT.

1° Différence maximum de potentiel efficace (*j*) entre les conducteurs.	(*d*) .... volts.
2° Intensité maximum efficace (*j*) du courant à la sortie de l'usine.	(*d*) .... ampères.
3° Fréquence du courant alternatif	(*d*) .... périodes (doubles inversions) par seconde.
4° Densité maximum de courant dans les conducteurs	(*d*) .... ampères par mm².

IV. — VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES.

	SECTIONS (*m*).	DISTANCE minimum.
1° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique AÉRIENS seront établis entre la zone de 10 mètres en projection horizontale située de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique aérienne. Donner pour chacune de ces sections la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques		
2° Indiquer les sections où les conducteurs d'énergie électrique aériens suivent parallèlement une ligne télégraphique ou téléponique à une distance inférieure à 2 mètres de cette ligne, ainsi que les points de croisement desdits conducteurs avec		

(*j*) Dans le cas de courants alternatifs, les valeurs dites *efficaces* sont celles qui sont lues sur les appareils de mesure.

(*m*) Les extrémités de chaque section devront être désignées par des lettres correspondantes sur le plan joint à la demande.

	POINTS de croisement.	PRÉCAUTIONS prises.
les lignes télégraphiques ou téléphoniques. Faire connaître les précautions prises en vue d'éviter dans ces sections et en ces points tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques, dans les deux cas suivants :		
A. Cas de courants alternatifs de tension supérieure à 120 volts ou de courants continus de tension supérieure à 600 volts.		
B. Cas de courants alternatifs de tension égale ou inférieure à 120 volts ou de courants continus de tension égale ou inférieure à 600 volts.		

3° Indiquer les sections où la canalisation SOUTERRAINE d'énergie électrique est à moins d'un mètre en projection horizontale d'une conduite télégraphique ou téléphonique. Faire connaître pour chacune de ces sections la distance minimum auxdites lignes télégraphiques ou téléphoniques.	SECTIONS (*m*).	DISTANCE minimum.
4° Indiquer les points de croisement de la canalisation souterraine d'énergie électrique avec les conduites souterraines télégraphiques ou téléphoniques. Faire connaître pour chacun de ces points la distance minimum auxdites conduites télégraphiques ou téléphoniques.	POINTS.	DISTANCE minimum.
5° Indiquer les précautions spéciales prises pour éviter les dérivations à ceux de ces points pour lesquels la distance est inférieure à 50 centimètres.	POINTS.	PRÉCAUTIONS prises.
6° Indiquer les précautions prises pour éviter l'induction.		
7° Indiquer les parties du réseau qui ne sont pas constituées par des conducteurs voisins parcourus par des courants égaux et de sens contraire.		

V. — VOISINAGE DE PIÈCES MÉTALLIQUES IMPORTANTES.

(Conduites d'eau, de gaz, etc.)

	POINTS et pièces métalliques intéressés.	PRÉCAUTIONS prises.
1° Indication des points spéciaux où les conducteurs d'énergie électrique seront à moins de 50 centimètres des pièces métalliques.		
2° Précautions spéciales pour éviter les dérivations en ces points.		

VI. — CONTROLE.

Moyens mis par le permissionnaire à la disposition du service de contrôle, soit dans l'usine, soit sur la voie publique pour mettre ce service en mesure de faire toutes les vérifications intéressant l'application du règlement, notamment :	
1° Mesure de la différence de potentiel maximum efficace entre les conducteurs.	
2° Mesure de l'isolement des tronçons du réseau.	

J'indique, ci-dessous, sur le croquis explicatif du système de distribution, la section des conducteurs et des intensités du courant dans les diverses branches du circuit, quand le réseau fonctionnera à pleine puissance.

J'indique également sur ce croquis les sections de lignes télégraphiques ou téléphoniques aériennes ou souterraines, qui seront placées dans la zone de 10 mètres et leur distance aux conducteurs d'énergie électrique dont je demande l'établissement.

(*Croquis.*)

A (*k*) , le

(*k*) Lieu, date et signature.

MINISTÈRE DU COMMERCE,
DE L'INDUSTRIE,
DES POSTES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

MODÈLE D'ARRÊTÉ PRÉFECTORAL

portant autorisation de circulation de courant dans des conducteurs d'énergie électrique empruntant des voies publiques.

(Art. 4 de la loi du 25 juin 1895.)

DÉPARTEMENT D
ARRONDISSEMENT D
COMMUNE D

Conducteurs d'énergie électrique à établir à (*noms des communes*)

Nature du courant : continu, alternatif, redressé.

Différence maximum de potentiel efficace entre les conducteurs : volts.

Nous, Préfet du département d

Vu la demande
en date du
présentée par
demeurant à
et ayant pour objet l'établissement de conducteurs d'énergie électrique empruntant les voies publiques désignées ci-après :

Vu les pièces justificatives à l'appui, savoir :
1° Plans et dessins dont la nomenclature suit :

2° État des renseignements

Vu la loi du 25 juin 1895;

Vu la circulaire ministérielle du Ministre du Commerce, de l'Industrie des Postes et des Télégraphes, en date du 5 septembre 1898;

ARRÊTONS :

ARTICLE PREMIER.

Le pétitionnaire est autorisé à faire circuler un courant dans une canalisation d'énergie électrique établie par lui conformément aux dispositions de sa demande, sauf les modifications stipulées ci-après :

ART. 2.

L'Ingénieur des Postes et des Télégraphes en résidence à ou son délégué est chargé du contrôle des conditions électriques de l'installation. Il fera connaître au pétitionnaire le ou les agents qu'il aura désignés pour l'assister sur place dans son service de contrôle.

ART. 3.

Vérification de l'état des conducteurs et de leurs supports pendant l'exploitation.

Le pétitionnaire est tenu de vérifier l'état des conducteurs et de leurs supports au point de vue électrique et mécanique le plus souvent possible, et en tout cas au moins une fois par trimestre pendant la première année, une fois par an pendant les années suivantes et à un moment quelconque à toute réquisition des fonctionnaires du contrôle désignés par le présent arrêté.

Les vérifications requises par ces fonctionnaires seront faites en présence d'un agent à ce délégué par eux.

Les résultats de chaque vérification seront consignés sur un registre dont le modèle est joint au présent arrêté, qui doit être présenté, à toute réquisition, aux agents du contrôle des conditions électriques.

ART. 4.

Mise annuelle au courant du plan de l'installation.

Dans les quinze jours qui suivront la mise en marche, et chaque année dès la première quinzaine de janvier, le permissionnaire devra adresser au Directeur des Postes et des Télégraphes du département un plan complet de l'installation indiquant les modifications, additions ou suppressions apportées tant à la canalisation principale qu'aux branchements sur les voies publiques.

ART. 5.

Responsabilité du permissionnaire.

Nonobstant la présente autorisation et l'application des conditions ci-dessus, le permissionnaire est responsable, vis-à-vis des tiers, des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

ART. 6.

Contraventions.

Les contraventions aux dispositions du présent arrêté seront constatées par les officiers de police judiciaire et les agents assermentés de l'Administration des Postes et des Télégraphes.

ART. 7.

La présente autorisation est donnée à titre précaire.

Si un intérêt public l'exige, ou en cas d'infraction aux prescriptions ci-dessus, elle sera retirée, et le permissionnaire devra, après mise en demeure, enlever des voies publiques, sans indemnité, les conducteurs qu'il y aura installés.

ART. 8.

Le Directeur des Postes et des Télégraphes d
est chargé de l'exécution du présent arrêté.

DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Nom du permissionnaire :

(Application des prescriptions ministérielles du 189 .)

ESSAIS ÉLECTRIQUES.

NUMÉRO D'ORDRE	DATE de l'essai	ÉTAT de l'atmosphère	VOIES empruntées par la canalisation soumise à l'essai. (Pour remplir cette colonne, se servir du plan du réseau.)	DÉSIGNATION des points extrêmes du conducteur essayé. (Pour remplir cette colonne se servir du plan du réseau.)	LONGUEUR du tronçon essayé	DESTINATION du conducteur essayé. (Feeder ou distributeur ou branchement.)	SECTION du conducteur en mm²	NOMBRE et nature des appareils en série sur le conducteur pendant l'opération. (Boites de jonction, interrupteurs etc.)	NOMBRE et nature des dérivations en connexion avec le conducteur essayé pendant l'opération. (Branchements, boites d'abonnés, capots, transformateurs, etc.)	RÉSISTANCE d'isolement entre le conducteur essayé et la terre. (A exprimer en ohms)	DIFFÉRENCE maximum du potentiel efficace U en cours de service entre les conducteurs (A exprimer en volts.)	VALEUR du produit 5 U²	NOM de l'opérateur	OBSERVATIONS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

VÉRIFICATION DE L'ÉTAT DES LIGNES.

DATE de la vérification	NOMBRE de supports reconnus défectueux		DATE de la réparation	NOMBRE des isolateurs reconnus défectueux	DATE du remplacement de ces isolateurs	OBSERVATIONS
	Supports en fer	Supports en bois				
1	2	3	4	5	6	7

CHRONIQUE

Sur une méthode de mesure des grandes résistances, par M. J. Schürr.

Dans le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, le mouvement du cadre devient périodique s'il est fermé sur une résistance suffisante, et la période peut être regardée comme invariable par les grandes résistances. Il en est de même, d'après la théorie et l'expérience, du produit de la résistance totale du circuit par la différence des décréments logarithmiques qui correspondent à la résistance donnée et à une résistance infinie. Quand une fois ce produit sera connu pour un galvanomètre installé, la mesure d'une résistance consistera simplement dans la détermination de deux décréments.

Théorie. — Soient τ la période complète

$$\delta = \frac{1}{n} \log\left(\frac{\varphi_0}{\varphi_n}\right),$$

le décrément, n étant le nombre de périodes écoulées quand le cadre oscille entre les amplitudes φ_0 et φ_n.

Dans le cas des petites oscillations, l'amplitude φ du cadre satisfait à l'équation différentielle du mouvement périodique amorti :

$$(1) \qquad \frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\lambda \frac{d\varphi}{dt} + (\omega^2 + \lambda^2)\varphi = 0;$$

en écrivant :

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{\delta}{\tau}.$$

L'amortissement comprend deux termes : le premier, $\frac{H^2S^2}{R}$, qui est dû à l'induction du champ magnétique H sur la

bobine mobile de surface totale S, la résistance totale étant R (circuit extérieur compris); le second, μ, dû à la raideur du fil et à la résistance de l'air.

D'où :

$$(2) \qquad 2\lambda = \frac{1}{\Sigma mr^2}\left(\frac{H^2S^2}{R} + \mu\right).$$

Si l'on néglige les effets de self-induclion, qui contribuent encore à l'amortissement, et que l'on prenne $C\varphi$ au lieu de $C \sin \varphi$ pour le couple de torsion, les coefficients de l'équation (1) satisferont aux relations (2) et (3) :

$$(3) \qquad \lambda^2 + \omega^2 = \frac{C}{\Sigma mr^2}.$$

Il résulte de là que la résistance et le décrément satisfont à la condition :

$$(2) \qquad \left(\delta - \frac{\tau\mu}{2\Sigma mr^2}\right)R = \frac{H^2S^2\tau}{2\Sigma mr^2}.$$

En circuit ouvert, $R = \infty$ et $\delta' = \frac{\tau\mu}{2\Sigma mr^2}$.

On a donc :

$$(2)'' \qquad (\delta - \delta')\, R = \text{constante},$$

si l'on admet que τ est iavariable.

Ainsi pour une bobine de 220 ohms et une résistance extérieure de 5.000 ohms, la période est égale à $0^s,83$, tandis qu'en circuit ouvert elle est de $0^s,82$. Une erreur de $\left(\frac{1}{100}\right)$ de seconde étant possible pour des oscillations rapides et en nombre assez restreint, on regardera la période comme constante pour des résistances variant de 5.000 ohms à l'infini. Du reste, la relation (3) donne :

$$\tau^2 = \frac{\delta^2 + (2\pi)^2}{\frac{C}{\Sigma mr^2}} \quad \text{ou} \quad \frac{1 + \frac{\delta^2}{(2\pi)^2}}{\frac{1}{(2\pi)^2}\frac{C}{\Sigma mr^2}}.$$

Or, à partir de 5.000 ohms, $\frac{\delta^2}{(2\pi)^2}$ est plus petit que $\left(\frac{1}{100}\right)$; puis cette quantité va rapidement en décroissant, de sorte

que, dans notre exemple, on peut poser $\tau^2 = 0{,}67(1 + \varepsilon)$, ε étant inférieur à $\left(\frac{1}{100}\right)$

Expériences. — Je commence par lancer un courant dans la bobine seulement, pour lui communiquer une déviation initiale φ_0, puis je supprime le courant à l'aide d'un commutateur qui ferme aussitôt le circuit de la bobine sur la résistance à étudier, et je compte n périodes. J'observe la déviation φ_n qui termine la n^e période ; il est nécessaire de recommencer l'opération pour contrôler la division obtenue, ce qui permet d'apprécier φ_n avec une erreur de $\left(\frac{1}{4}\right)$ de division (l'échelle est à 1 mètre du miroir).

La méthode est applicable aux solutions salines, les courants d'induction ne produisant pas de polarisation à cause de leur alternance. Toutefois il peut arriver que les électrodes ne soient pas identiques avec les métaux en solution ; dans ce cas, la règle ne serait vraie que si la polarisation était invariable pendant la mesure d'un décrément; celui-ci serait alors égal à :

$$\frac{1}{n} \log \left(\frac{\varphi_0 - \varphi_1}{\varphi_n - \varphi_1}\right),$$

où φ_1 représente la déviation due au courant de polarisation.

Résultats. — Dans un premier tableau je résume les expériences faites pour vérifier la constance du produit, en employant pour les grandes résistances des traits au graphite, d'après les indications de M. Foussereau.

Dans un second tableau, je me sers de la constante pour calculer la résistance spécifique de solutions aqueuses de sulfate de cuivre cristallisé. Celles-ci étaient renfermées dans des tubes cylindriques de $\left(\frac{1}{2}\right)$ centimètre carré de section.

n NOMBRE des périodes	φ_0 et φ_n. AMPLITUDES initiale et finale	$\delta = \frac{1}{n}\log\left(\frac{\varphi_0}{\varphi_n}\right)$ DÉCRÉMENT logarithmique	$(\delta - \delta')$ R PRODUIT constant	$R = \frac{1.600}{\delta - \delta'}$ ohms RÉSISTANCE trouvée par cette méthode	R' ohms RÉSISTANCE donnée par d'autres méthodes
10	0,0832 0,0027	0,3440 = δ	1.576	4.790	4.720
15	0,0710 0,0115	0,1200	1.584	14.362	14.220
25	0,0695 0,0140	0,0780	1.598	23.530	23.220
30	0,0690 0,0145	0,0520	1.604	38.095	38.220
30	0,0677 0,0205	0,0400	1.596	53.333	53.220
50	0 0765 0,0170	0,0300	1.604	80.000	80.220
50	0,0765 0,0235	0,0236	1.590	117.600	117.000
50	0,0755 0,0325	0,0168	1.564	235.200	230.000
50	0,0750 0,0355	0,0150	1.600	320.000	320.000
50	0,0815 0,0405	0,0138	1.596	421.000	420.000
50	0,0805 0,0420	0,0129	1.616	551.700	550.000
50	0,0810 0.0430	0,0136	1.616	601.500	600.000
50	0.0810 0,0440	0,0123	1.610	695.600	700.000
50	0,0820 0,0450	0,0120	1.600	800.000	800.000
50	0,0745 0,0455	0,0100 = δ	»	infini	infini

Dans la dernière colonne se trouvent les résistances évaluées par les méthodes habituelles; dans la colonne précédente on a mis les résistances calculées par la formule $\left(\frac{1.600}{\delta - \delta'}\right)$, dans laquelle la constante 1.600 est la moyenne

des produits des résistances R′ de la dernière colonne par les différences (δ — 0,01) des décréments.

n NOMBRE des périodes	$(\delta - \delta')$	R ohms ou $\left(\frac{1.600}{\delta - \delta'}\right)$	DISTANCE des électrodes	RICHESSE du liquide	RÉSISTANCE spécifique en ohms-centimètres
			centim.		
25	0,0570	28.000	5	$\left(\frac{1}{1.000}\right)^e$	1.200
25	0,0396	40.000	10		
50	0,0127	126.000	5	$\left(\frac{1}{10.000}\right)^e$	9.000
50	0,0074	216.000	10		
50	0,0028	216.000	5	$\left(\frac{1}{100.000}\right)^e$	57.300
50	0,0014	1.143.000	10		

Remarquons que, pour calculer la résistance spécifique par la formule $R = \rho \frac{l}{s}$, il faut mesurer les augmentations de résistances correspondant à des augmentations de largeur à partir de 5 centimètres, car les rhéostats, genre Pouillet, sont inexacts pour des distances trop faibles des électrodes. J'ai ainsi vérifié que la proportionnalité de la résistance avec la longueur ne se produit qu'au delà de 5 centimètres pour une section de $\left(\frac{1}{2}\right)$ centimètre carré.

Dans les exemples précédents, le nombre m d'équivalents en grammes par litre est égal successivement à $\frac{1}{80}$, $\frac{1}{800}$, $\frac{1}{8.000}$, et la résistivité moléculaire vaut 15; 11,25; 7,12 ohms-centimètres.

Le dernier nombre est, sans doute, trop faible, attendu que, pour les grandes dilutions, la résistivité moléculaire du sel est comparable à celle des impuretés de l'eau. — La température était de 18°.

(*Journal de physique*, octobre 1898.)



Sur la présence du carbone dans le fer électrolytique. (*)

On considère assez généralement le fer électrolytique comme le plus pur qui puisse être obtenu; il est loin cependant d'être chimiquement pur; tout le monde sait qu'il renferme de grandes quantités d'hydrogène (100 à 150 fois son volume); d'autre part, Lockyer (**) y a signalé, comme impuretés certaines, Mn, Ni, Cr, Co, Ba, Sr, Ca, Cu, Ti, Di, et comme impuretés probables : Lr, U, Ru, La, Er, Mo, Zn, V, W, Os, Al.

Une impureté plus importante est le carbone. Elle a déjà été signalée par M Osmond, qui indique la présence de 0,08 p. 100 de carbone dans un échantillon analysé par lui. Une analyse volumétrique, faite à ma prière au laboratoire des aciéries d'Assailly, a donné de 0,02 à 0,03 p. 100.

La présence bien constatée de semblables quantités de carbone m'ayant paru intéresser les théories de l'électrolyse, j'ai dosé plusieurs échantillons obtenus dans un bain de chlorures de fer et d'ammonium, en prenant pour électrode soluble une lame d'acier à 0,4 p. 100 de carbone (***), dont les points de transformation ont été déterminés par la méthode de M. Osmond. A_{21} est à 360° et A_{32} à 725°. Chauffé à 900° et trempé au-dessus de 630°, cet acier est donc composé de carbone dissous dans le fer, mais non combiné (martensite), tandis que le même acier, refroidi lentement, est constitué par du fer pur (ferrite) et du carbone combiné (perlite).

Voici maintenant les résultats : Avec une électrode soluble en acier trempé à 900°, j'ai obtenu un fer électrolytique extrêmement pauvre en carbone (0,017 p. 100 au maximum); une seule analyse, faite avec une anode chauffée à 900° et trempée à 680° m'a également donné un fer de teneur en carbone pratiquement nulle (0,033 p. 100). Au contraire, une

(*) *Journal de physique*, décembre 1898.

(**) On the photographic Arc Spectrum of Electrolytic Iron, *Phil. Trans.*, vol. CXC, II, p. 983.

(***) Cet acier, très pauvre en substances étrangères au carbone et au fer, m'a été fourni très obligeamment, avec plusieurs autres échantillons, par M. Grobot, directeur des aciéries d'Assailly.

anode d'acier refroidi lentement après chauffe à 900° fournit un fer plus riche en carbone (de 0,033 à 0,035 p. 100).

Je ne puis donner ces chiffres que comme des indications comparatives, à cause de l'extrême difficulté des analyses portant sur d'aussi faibles teneurs. Il me paraît néanmoins en résulter que l'électrolyse agit différemment sur l'acier trempé et sur l'acier refroidi lentement; le carbone dissous dans l'acier n'est pas entraîné par le courant; il reste, en dépôt boueux, à la surface de l'anode. Le carbone combiné est entraîné, au contraire, avec le fer, dans le sens du courant; ceci nous porte à considérer le carbone combiné, ou perlite, comme anion complexe, que l'électrolyse transporte tout d'une pièce sur la cathode. L'existence d'un ion composé n'est d'ailleurs pas chose invraisemblable, et le cyanogène, entre autres, paraît jouer fréquemment ce rôle.

L. Houllevigue.

BIBLIOGRAPHIE

La téléphonie, par M. Émile PIÉRARD. — Charles Desoer, éditeur, *Liège*.

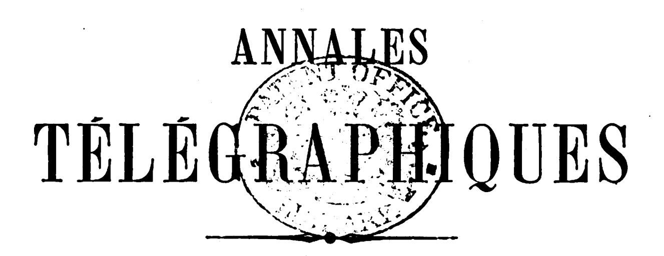
Sous ce titre, M. Émile Piérard, l'ingénieur bien connu des télégraphes belges, vient de faire paraître une seconde édition de l'ouvrage que nous avons eu le plaisir de signaler en 1894 aux lecteurs des *Annales télégraphiques*. Nous avons dit alors le bien que nous pensions de celui-ci : le succès est venu confirmer notre appréciation. Mais le temps marche, et marche rapidement quand il s'agit de téléphonie. M. Piérard a senti qu'il devait à ses premiers lecteurs de mettre son œuvre à jour. Le nouveau volume est enrichi de nombreux paragraphes, notamment sur les microphones à grains, les multiples et les protecteurs. Nul ne le regrettera.

---

1 · 6 · 99

L'Éditeur-Gérant : Vve CH. DUNOD.

40.014. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.



Année 1899. **Mars-Avril**

CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE DE LA VARIATION D'ISOLEMENT

DES CABLES A AIR SEC

AVEC LA TEMPÉRATURE

25·7·99.

De nombreux travaux ont été effectués en vue d'étudier les variations d'isolement des câbles isolés à la gutta lorsque la température change ; il n'en est pas de même pour ceux dont l'isolant est constitué par le papier et l'air sec, quoique leur apparition remonte déjà à plusieurs années. C'est pour commencer l'étude de ces derniers que M. Massin, Inspecteur-Ingénieur des télégraphes à la Vérification du Matériel, nous a chargé d'exécuter les recherches dont le compte rendu fait l'objet du présent article.

Le câble expérimenté est un câble téléphonique à une paire de conducteurs, d'une longueur de 505 mètres. Il est constitué par deux fils de cuivre de 1 millimètre,

chacun couvert de deux bandes de papier de $0^{mm},09$ d'épaisseur, le tout maintenu par deux autres bandes de papier de $0^{mm},09$ et recouvert à chaud d'un tube de plomb de $2^{mm},50$ d'épaisseur et 1 centimètre de diamètre extérieur. Il a été essayé tel quel sans avoir subi aucun dessèchement préalable.

La première condition à remplir était de maintenir ce câble à une température donnée, constante pendant le temps nécessaire à la mesure de son isolement. Pour cela, nous l'avons immergé dans une cuve en tôle, contenant environ 1,5 mètre cube d'eau, entourée d'un matelas de bon feutre et chauffée au gaz; le câble était enroulé sur une bobine en bois qui fut disposée sur un faux fond en bois, de façon à éviter autant que possible toute transmission de chaleur par conductibilité entre la cuve et le plomb du câble.

La température de l'eau était donnée par trois thermomètres; deux verticaux, tangents au câble de chaque côté et plongeant dans les couches inférieures; un horizontal, posé sur le câble. En brassant très fréquemment, ils furent constamment d'accord. Le réglage du chauffage était fait à la main en tenant compte des indications des thermomètres et de la résistance des deux fils; nous avions, d'ailleurs, été préparé à ce réglage par des essais analogues effectués sur une âme en gutta extraite des feuilles de l'Isonandra par la Société de Malaisie.

On sait que, pour déterminer l'isolement d'un fil de ce câble par rapport à l'autre et au plomb (conditions normales des essais), il faut transporter les fils de secours de l'un sur l'autre, c'est-à-dire, avoir accès facile aux extrémités. Cet accès facile impliquait l'accès de l'air extérieur qui était humidifié par l'éva-

poration de la masse d'eau voisine dans laquelle était immergé le câble, évaporation qui était elle-même d'autant plus active que la température était plus élevée ; comment alors aurait-on pu dessécher rapidement et sûrement cet air après chaque manœuvre?

Il fallait donc mettre les bouts du câble à l'abri de tout air humide aussi bien pendant les commutations que dans leur intervalle. Pour cela, on aurait pu obturer les bouts à la paraffine en laissant passer les fils de cuivre; mais, indépendamment de la difficulté qu'il y aurait eu à faire pénétrer la paraffine assez loin (le diamètre intérieur du câble n'est que de 5 millimètres), comment ces bouchons de paraffine se seraient-ils comportés à haute température? Non pas qu'on ait à craindre leur fusion en raison de la faible conductibilité du plomb, mais à cause de l'excès de pression de l'air du câble, excès qui, à volume constant, atteignait, à 80° C., vingt centimètres de mercure d'après les dimensions expérimentales du câble. Et d'ailleurs, s'ils résistaient, n'y avait-il pas lieu de craindre des déformations du tube de plomb? Ensuite, les torsions inévitablement exercées sur les conducteurs de cuivre n'auraient-elles pas produit des gerçures ou fissures? Enfin, la condensation de l'humidité sur la surface des bouchons n'aurait-elle pas amené des pertes en raison de l'exiguïté de cette surface?

Nous avons préféré laisser les dilatations s'effectuer librement tout en maintenant les bouts en air constamment desséché. Voici le dispositif employé à cet effet.

Une cage en fort chêne aussi sec que possible ABCD A'B'C'D' (*fig.* 1), de dimensions (longueur 48, largeur 23, hauteur 38 centimètres) convenables pour la commodité

des opérations, est posée sur un support en sapin près de la cuve d'eau où est immergé le câble et en est séparée par une couche d'air d'environ 8 centimètres que divise en deux un écran de bois vertical (*fig.* 2) de façon à éviter tout échauffement des parois de la boîte dont l'eau pourrait se vaporiser, humidifier l'air intérieur et fausser ainsi les résultats. La nécessité de cette précaution avait été démontrée au cours des expériences préparatoires.

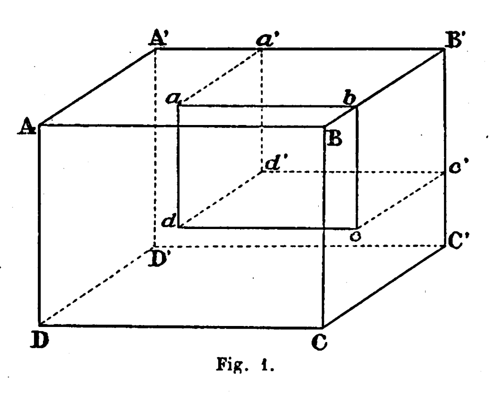


Fig. 1.

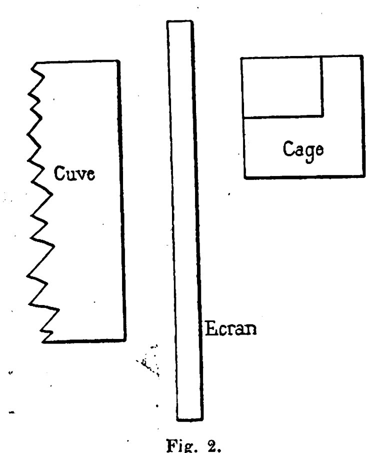


Fig. 2.

Cette cage en renferme une autre formée d'un trièdre - trirectangle de même chêne *aa' dd' cc'* fixée par des vis dans le trièdre postéro-supérieur droit de la première ; cette deuxième cage avait les dimensions intérieures suivantes : longueur 30, largeur 20, hauteur 25 centimètres, qui avaient été réduites au strict nécessaire pour avoir un cube d'air minimum, facilement desséchable, tout en permettant d'y introduire les appareils indispensables.

La face ABCD est fermée par une porte vitrée à deux battants, joignant à emboîtement et languette pour laisser passer l'air aussi lentement que possible. La face *abcd* de la cage intérieure est fermée par une porte également vitrée, mais à un seul battant, pour avoir moins de facilités de rentrées d'air puisque la jointure du milieu est supprimée ; cette porte est maintenue par deux petits verrous et joint également à emboîtement et languette. Tout est assemblé à queue d'hironde et vissé ; tous les coins, toutes les arêtes des deux cages sont jointoyés à la paraffine coulée au fer chaud.

Cette disposition ne permettait à l'air extérieur de rentrer dans les cages qu'en filtrant par les joints des portes et en se desséchant dans la première cage, puis dans la seconde. Il eût été préférable, théoriquement, de clore complètement la seconde cage et de la mettre en communication avec une série de tubes de Liebig qui auraient permis la circulation de l'air dans les deux sens tout en le desséchant, mais dont la fragilité était en l'espèce un empêchement majeur ; d'ailleurs, l'expérience a montré que les précautions prises étaient suffisantes, ainsi qu'on le verra par la suite.

Deux trous percés sur le dessus $abB'a'$ laissaient entrer les bouts du câble dans la petite cage et l'étanchéité du joint était assurée par un anneau de caoutchouc épais et souple C (*fig.* 3) serrant le câble à frottement juste, un tuyau de plomb P un peu plus large, taillé en sifflet à sa partie supérieure, refoulé et dressé à sa partie inférieure qui s'applique sur le caoutchouc, enfin un anneau de cuivre fort *c* qui donnait le serrage au moyen de vis traversant cuivre, plomb et caoutchouc et entrant dans le bois de la

cage. Le tout étant mis en place, on y passait le câble qu'on soudait sur le sifflet, forme choisie pour que le fer fasse pénétrer bien exactement la soudure, puis on écrasait le caoutchouc en serrant les vis.

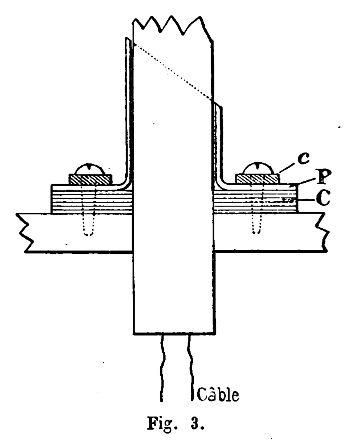


Fig. 3.

En ouvrant alors les deux bouts du câble, on avait les quatre fils à sa disposition mais il fallait effectuer les commutations à l'abri de l'air extérieur. Pour cela, on opéra d'abord ainsi : dans six logements circulaires pratiqués sur le fond *dd' cc'* de la petite cage sont placés six petits cristallisoirs en verre au centre desquels est un godet de verre contenant du mercure (*fig.* 4); le godet est maintenu

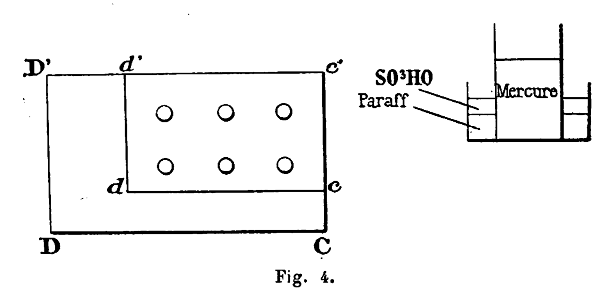


Fig. 4.

en place par de la paraffine coulée autour de lui et sur elle on verse de l'acide sulfurique qui dessèche les parois extérieures du godet aussi bien que l'air ambiant; les quatre fils du câble plongent (*fig.* 5 et 6 *bis*) dans les quatre godets de droite ; quant aux fils de

secours, ils traversent le fond DD′ CC′ de la grande cage dans des bouchons de caoutchcouc (*fig.* 7 *bis*) enfoncés de l'extérieur à l'intérieur et la paroi gauche

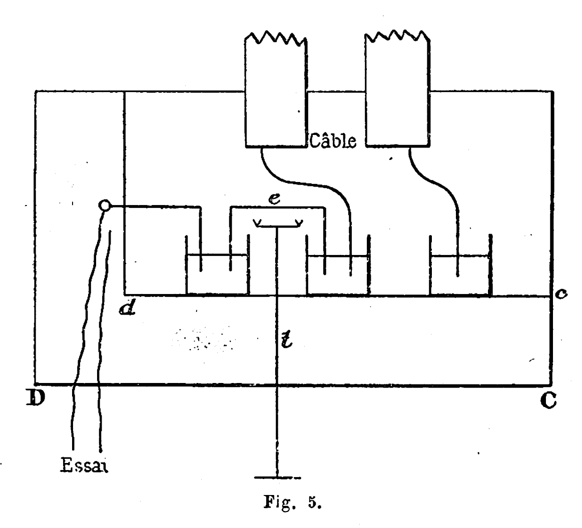


Fig. 5.

a a′ d d′ de la petite cage dans des bouchons enfoncés au contraire de l'intérieur de la cage à l'extérieur de façon que toute dilatation ou toute rentrée d'air soit obligée de s'effectuer uniquement par les joints des portes; les fils de secours plongent dans les deux godets de gauche.

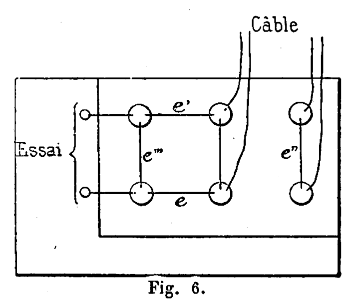


Fig. 6.

Les commutations étaient obtenues au moyen d'étriers *e* en gros fil de cuivre, plongés dans les godets ou soulevés par des tiges *t* (*fig.* 5, 6 et 6 *bis*) à double fourchette traversant les fonds des cages dans de la fine râpure de sapin sec en

bois debout, fortement comprimée entre deux rondelles de cuivre vissées. On obtenait ainsi frottement gras et fermeture hermétique, ce que les bouchons de caoutchouc ne purent assurer parce qu'ils adhéraient trop vite aux tiges par suite de la formation superficielle d'un sulfure, et la lubréfaction par un corps gras quelconque, riche en hydrocarbures, n'aurait fait que rendre le contact plus intime et la sulfuration plus rapide.

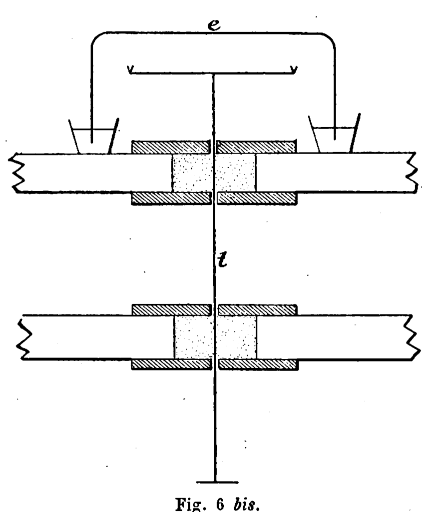


Fig. 6 *bis*.

L'avantage de cette disposition était de permettre de faire les commutations de l'extérieur *sans ouvrir* les cages dont l'air était maintenu sec par les cristallisoirs (petite cage) et des soucoupes d'acide sulfurique (grande cage); en outre, les portes vitrées laissaient bien voir l'état des connexions. Malheureusement, ce dispositif qui fonctionnait très bien dans nos mains donna de médiocres résultats quand il fut confié à celles d'un aide que la disposition des locaux ne nous permettait pas de surveiller et de guider constamment. Il fallut en revenir à l'opération courante d'essai des câbles : attache d'un fil sur un autre fil.

Pour cela, nous enlevâmes godets, étriers et tiges

dont les trous furent bouchés. Aux fils du câble furent fixés, par des serre-fils, de bons fils sous gutta $ff'f''f'''$ (*fig.* 7 et 7 *bis*) dénommés fils G (7 fils cuivre 7,5 dixièmes recouverts en trois couches à 64 dixièmes). Ces fils sous gutta traversaient les parois de la petite cage dans des bouchons de caoutchouc enfoncés de l'intérieur à l'extérieur et se terminaient dans la grande cage près des fils de secours F F' munis de serre-fils ; il suffisait alors d'ouvrir la première cage et de prendre dans les serre-fils les fils voulus. Cette manœuvre étant fort rapide, le temps d'ouverture était très court; de plus, les fonds des deux cages furent couverts de cristallisoirs d'acide sulfurique. Ce mode d'opérer donna de bons résultats.

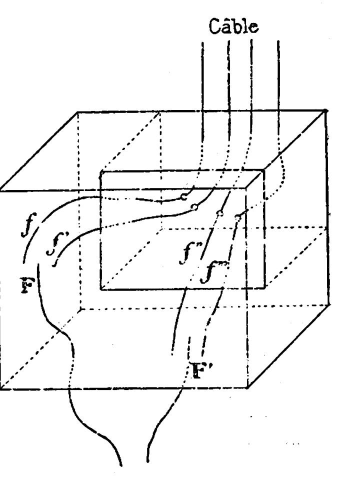


Fig. 7.

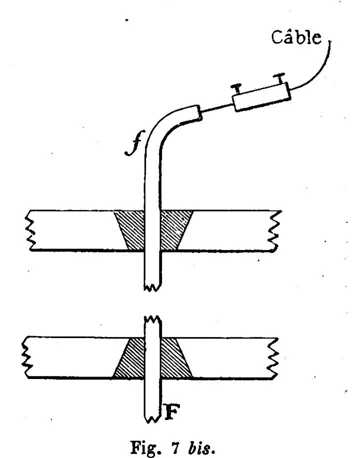


Fig. 7 *bis*.

Les appareils étant connus, voici comment nous nous en servîmes. Le câble est immergé, ses bouts sont introduits dans la petite cage, les joints soudés et serrés. On place les cristallisoirs d'acide dans les deux

cages, un thermomètre et un hygromètre dans la petite. Comme il s'agissait seulement de savoir si l'air entourant les bouts du câble gardait un état constant de siccité, nous avons employé l'hygromètre de Saussure; pendant toute la durée des essais, l'aiguille est restée collée au doigt d'arrêt placé au delà du zéro (sécheresse absolue) à une distance d'environ un quart de la division de 0 à 100. Le thermomètre a peu varié pendant la durée de chaque essai. (Tableau 6).

TABLEAU 6. — Température des bouts du cable

Câble . .	16°	20°	24°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Cage. . .	16,5 à 17,5	18 à 18,5	16,5 à 17	18°	20 à 20,5	21 à 21,5	20,5 à 21	22,5	25°

On ferme les portes; le lendemain, on essaie l'isolement des fils de secours et des bouts de fil $f f' f'' f'''$. Leurs pertes reconnues inappréciables, on ouvre les portes des cages, on coupe les bouts du câble et on prend les quatre fils de cuivre dans les serre-fils de $ff' f'' f'''$; cette opération a été faite avec la plus grande célérité. Puis on condamne la porte de la petite cage, on referme l'autre et on fait, au bout d'une heure, un essai d'isolement à la température naturelle de l'eau (environ 18°); le lendemain, on fait un nouvel essai à la même température. Les chiffres obtenus concordant exactement, on peut supposer qu'il ne reste pas d'humidité sur les bouts du câble ni dans la petite cage. Reste à s'assurer de l'étanchéité des joints; pour cela, on amène l'eau de la cuve à l'ébullition et pendant deux jours on procède à des essais d'isolement. Les isolements restant con-

stants, on laisse refroidir : l'air du câble, dilaté d'abord et dont une partie a été expulsée par les joints des portes, se contracte, l'air sec de la grande cage rentre dans la petite tandis que l'air extérieur rentre dans la grande par les joints et, une fois l'eau revenue à sa température première, on doit retrouver l'isolement initial si le fonctionnement de l'appareil est satisfaisant. C'est ce que l'expérience nous a montré.

Ces deux essais à 18 degrés et à l'ébullition, joints à un essai à 50 degrés, nous ayant donné une idée grossière des variations cherchées, il ne restait plus qu'à commencer les essais définitifs. Ces essais ont été faits, pour la résistance, avec un pont de Wheatstone Carpentier à décades et un élément Callaud grand modèle à zinc en spirale : pour l'isolement, par la méthode de comparaison avec une pile de 100 éléments Callaud petit modèle, un galvanomètre Thomson Elliott d'une résistance de 10 000 ohms et d'une formule de mérite de 800 mégohms, et une résistance étalon de 1 mégohm construite aux ateliers de l'Administration. Les isolements ont été relevés après deux minutes de charge. La perte des fils de secours était, d'ailleurs, sensiblement nulle.

Une fois la résistance du cuivre devenue fixe, ce qui demandait 4 ou 5 heures, on procédait, toutes les demi-heures pendant 4 heures au moins, à un essai de résistance et à un essai d'isolement avec le pôle négatif sur chacun des deux fils du câble, l'autre fil et l'enveloppe de plomb étant reliés au pôle positif. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 1.

TABLEAU 1. — RÉSULTATS GÉNÉRAUX DES ESSAIS

TEMPÉRATURES et nombre d'essais		FIL 1						FIL 2						ISOLEMENT moyen général
		RÉSISTANCE			ISOLEMENT			RÉSISTANCE			ISOLEMENT			
		maxi-mum	mini-mum	moyenne	maxi-mum	mini-mum	moyen	maxi-mum	mini-mum	moyenne	maxi-mum	mini-mum	moyen	
16°	6	11,102	11,097	11,098		80.000Ω		11,197	11,192	11,195		80.000Ω		80.000Ω
20°	5	11,278	11,277	11,2778		52.666		11,378	11,377	11,3778		52.666		52.666
24°	6	11,457	11,437	11,447		40.000		11,566	11,532	11.544		40.000		40.000
30°	6	11,708	11,699	11,703		30.000		11,808	11,799	11,803		30.000		30.000
40°	5	12,129	12,147	12,137	19.500	17.333	19.066	12,234	12,257	12,245	19.500	17.333	18.633	18 849
50°	8	12,591	12,571	12,583	12.000	10.266	11.711	12,700	12,680	12,690	12.000	11.145	11.857	11.784
60°	6	13,038	13,028	13,030	7.600	6 999	7.199	13,153	13,138	13,145	7.600	6.999	7.199	7.199
70°	9	13,469	13,460	13,462	4.302	4.222	4.254	13,589	13.580	13,584	4.470	4.222	4.271	4.262
80°	8	13,910	13,895	13,904	2.566	2.482	2.545	14,030	14,015	14,024	2.482	2.444	2.463	2.504

Pour chaque température, nous avons choisi sur la feuille d'essai les isolements correspondant à une période de constance non pas seulement pour la température des thermomètres, mais encore pour la résistance du cuivre (tableau 1). Les moyennes de ce tableau ont été établies sur tous les chiffres obtenus, les maxima et minima ne sont donnés qu'à titre de renseignement. Nous n'avons pu dépasser + 80 degrés C parce que la cuve, construite sur les indications de M. Lagarde, Ingénieur des Télégraphes, pour des essais de câble sous gutta, par conséquent pour des températures ne dépassant pas + 30 degrés C, est chauffée à une extrémité seulement par trois rampes Bunsen de sorte que, en cet endroit, l'eau est en ébullition tandis que les autres parties sont à une température inférieure, ce qui nécessite un brassage constant et énergique. Nous n'avons pu, d'un autre côté, descendre au-dessous de + 16 degrés C parce que

l'eau fournie par la canalisation était à + 18 degrés C, que la température ambiante était constamment de + 17 degrés C et qu'il fallait ajouter dans la cuve de la glace en quantité telle que le brassage devenait difficile.

L'intervalle de température est, d'ailleurs, assez large pour que les courbes représentatives aient une allure suffisamment caractérisée. Nous allons examiner les conséquences qui découlent de leurs formes (*fig.* 8).

Cuivre. — Les courbes expérimentales sont sensiblement des droites. Les deux fils du câble ont présenté entre eux (tableau 2) une différence moyenne

TABLEAU 2. — DIFFÉRENCES DE RÉSISTANCE ENTRE LES FILS

Température	16°	20°	24°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Différences entre les fils.	0,097	0,100	0,097	0,100	0,108	0,107	0,115	0,122	0,120

d'abord constante de + 16 degrés C à + 30 degrés, puis de plus en plus forte à partir de + 40 degrés; si elle était due à une simple différence de diamètre, elle aurait été constante dans toute l'échelle des températures; il doit y avoir entre eux une différence de pureté causée sans doute par une différence de provenance et de traitement. Et cela s'explique si on se rappelle que le cuivre, livré en grosses bottes par le raffineur, est enroulé à l'usine par bouts de 515 mètres sur de petites bobines qu'on mêle et qu'on donne au hasard aux métiers à couvrir. D'ailleurs, on ne peut attribuer les différences aux erreurs d'expériences car les deux fils étaient mesurés dans les

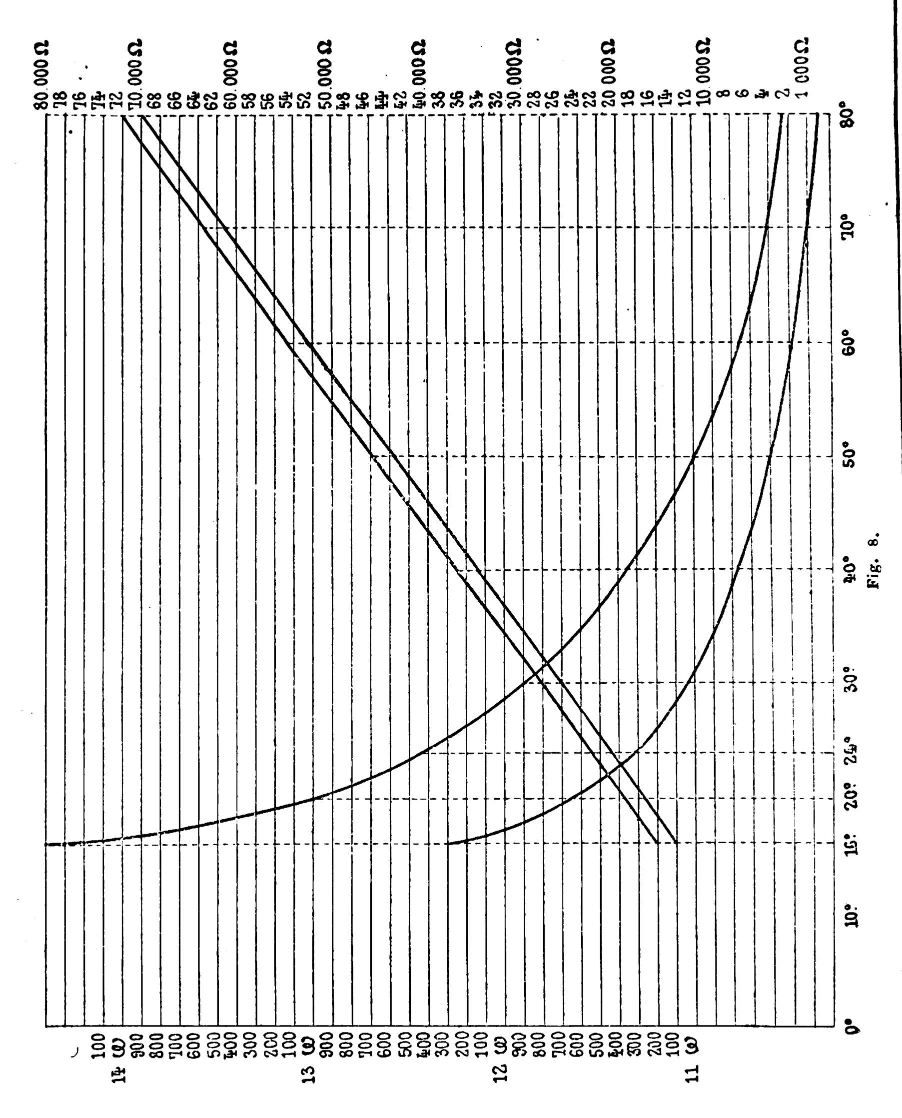


Fig. 8.

mêmes conditions et avec la même précision. Enfin, la mesure de la résistance du cuivre n'était faite que

comme contrôle des thermomètres et l'écart entre les différences extrêmes n'est que de 122—97=25 millièmes, soit un écart relatif d'environ 1/700.

Quoi qu'il en soit, l'allure générale de chaque fil a été régulière ainsi qu'on peut le voir d'après les courbes (ou le tableau général) et leurs variations calculées sur les moyennes (tableau 3); ces variations

TABLEAU 3. — VARIATIONS DE RÉSISTANCE DES FILS

Intervalles de température		16-20	20-24	24-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
Variations.	Fil 1. .	0,1798	0,1662	0,4252	0,434	0,446	0,447	0,432	0,442
	Fil 2. .	0,1828	0,1662	0,4252	0,442	0,445	0,455	0,439	0,440

ne sont pas absolument constantes parce que la résistance mesurée n'est que la résistance apparente des parties plus chaudes et des parties moins chaudes du câble et que le brassage, même fréquent, ne peut suppléer à une circulation constante d'eau dans la cuve d'essai et dans l'appareil chauffeur, ce qui nous manquait. Quant aux variations constatées pendant les périodes d'essai, elles sont assez faibles pour pouvoir être attribuées à une différence de pression des vis des serre-fils.

Isolement. — L'électrisation des fils a toujours été très régulière. La courbe supérieure correspond à l'essai normal, isolement d'un fil par rapport à l'autre et au tube de plomb, (tableau 1); la courbe inférieure, aux rapports $\frac{I_t}{I_{24}}$ (tableau 4).

TABLEAU 4. — RAPPORTS $\frac{I_t}{I_{24}}$

Température . .	16°	20°	24°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Isolement	80.000	52.666	40.000	30.000	18.849	11.784	7.199	4.262	2.504
Rapport	2	1,3166	1	0,75	0,4712	0,2946	0,1799	0,1065	0,0626
Multiplicateur. .	0,5	0,75	1	1,33	2,12	3,39	5,55	9,38	15,97

Examinons d'abord la première dont l'allure est hyperbolique. De 16 degrés à 30 degrés, les deux fils ont donné exactement le même isolement; cela se conçoit car pour des chiffres si élevés, les petites différences d'état physique qu'ils peuvent présenter sont sensiblement annulées. C'est seulement à 40 degrés, alors que l'isolement primitif est tombé des 3/4, que les écarts se manifestent et que l'isolement de chaque fil a un maximum et un minimum pendant la durée des essais. A quoi faut-il attribuer ce dernier fait? Nous pensons que c'est à la vapeur d'eau condensée sur les bouts de fil sous gutta lors de l'ouverture de la grande cage pour les commutations et aussi aux traces d'humidité apportées sur les mêmes bouts par les doigts de l'opérateur qui, malgré nos recommandations, les prenait quelquefois pour avoir plus de commodité. Ce qui tendrait à le prouver, c'est que les minima se sont souvent produits quand nous mesurions l'isolement après le cuivre (soit 5 ouvertures de la cage : R fils secours, r premier fil, r' second fil, isolement fils secours, jonction du fil de secours avec le fil mesuré), tandis que si, une demi-heure après, nous mesurions d'abord l'isolement du même fil (pas

d'ouverture de la cage), nous trouvions le maximum parce que les bouts de fil sous gutta avaient eu le temps de perdre leur humidité. Ce résultat nous montre que le premier dispositif à étriers manœuvrés du dehors aurait été supérieur à ce point de vue à celui qui nous a servi.

En tout cas, les plus grands écarts du maximum au minimum ont été de 2167 mégohms (*fil* 1) à 40 degrés C, soit environ 1/10; de 1734 mégohms (*fil* 2) à 50 degrés C soit environ 1/6; de 600 mégohms à 60 degrés C, soit environ 1/8. La moyenne de chaque fil pour chaque température ne s'écarte pas des maxima et minima de plus de 1/7.

La moyenne des deux isolements moyens diffère des isolements maxima de moins de 1/20 et des isolements minima de plus de 1/40; mais ces derniers étant véritablement accidentels, comme on l'a vu plus haut, nous croyons les maxima plus rapprochés de la vraie valeur de l'isolement; par suite, la moyenne générale peut être valablement prise pour servir à construire la courbe et l'approximation des expériences serait représentée par 1|20 par excès.

Pour vérifier cette assertion, nous avons fait une expérience de contrôle à 24 degrés C. D'après les courbes tracées, nous aurions dû avoir en moyenne 11 ohms 450 et 11 ohms 550 pour les résistances, 40 800 mégohms pour l'isolement; or, l'expérience nous a donné 11 ohms 447, 11 ohms 544 et 40 000 mégohms, soit des différences de 1/3816, 1/1925 pour le cuivre et 1/50 pour l'isolement, quantité inférieure à 1/20.

On voit d'après les résultats indiqués que, pour un câble dont l'air est bien desséché dans toute sa lon-

gueur, on a avantage à ne pas le chauffer au delà de 20 degrés; c'est évidemment le cas des lignes posées en égout et en tranchée, mais ce n'est pas celui des bobines présentées à la vérification dans les usines où l'on a tendance à les surchauffer et cela dans le but d'augmenter leur isolement en vaporisant l'eau qui peut être contenue dans les bouts. Ici intervient leur influence.

On a reconnu, dès le début de la fabrication des câbles à air sec, que tant valaient leurs bouts, tant ils valaient eux-mêmes; cela s'explique en remarquant que l'humidité ambiante produit, en se condensant sur l'intérieur du plomb, la surface des fils et des papiers, en humidifiant l'air interposé, produit, disons-nous, une perte dont l'influence est d'autant plus sensible que l'isolement primitif est plus grand; nous avons, d'ailleurs, eu l'occasion de constater, dans nos expériences, l'importance de cette influence. Par suite d'un choc accidentel, l'hygromètre était tombé sur deux des fils du câble; pour le replacer, nous dûmes ouvrir la petite cage. Or, nous chauffions à 40 degrés depuis environ 6 heures, l'évaporation de l'eau de la cuve était assez active, l'air ambiant presque saturé d'humidité; si rapidement que nous ayions refermé la cage, l'isolement qui était à ce moment de 19 500 mégohms tomba immédiatement à 3 500 mégohms et ne reprit sa valeur première qu'au bout d'une heure, tandis que l'hygromètre mettait le même temps pour revenir, de la division + 15 qu'il avait atteinte, jusqu'au doigt d'arrêt.

Dans les usines, on fait en pareil cas passer dans le câble de l'air sec sous pression. Le procédé est doublement efficace : d'abord il chasse l'air humide des

bouts, ensuite la détente après la séparation de la prise d'air abaisse la température, le tout contribuant à remonter l'isolement.

Au point de vue de la vérification, il n'y a pas d'inconvénient à essayer les bobines au sortir de la presse à plomb à chaud, puisque le refroidissement fera monter l'isolement trouvé, mais cette facilité est limitée par la difficulté d'évaluer la température du câble pour faire les corrections nécessaires sur la résistance et l'isolement. La table de correction d'isolement, au moins pour le câble sur lequel nous avons opéré, serait alors celle du tableau 4 en prenant 24 degrés pour point de départ afin de permettre la comparaison avec les câbles sous gutta.

En résumé, pour faire monter l'isolement d'un câble à air sec, il ne suffit pas de dessécher l'air qu'il contient, il faut encore le refroidir; l'essai d'un tel câble peut être fait à haute température pourvu qu'elle puisse être appréciée exactement; enfin le câble sera placé dans les meilleures conditions s'il est en lieu sec et froid.

COMPARAISON AVEC LES CABLES SOUS GUTTA.

Construisons (*fig.* 9), à une échelle différente de celle de la *fig.* 8 pour mieux les étaler, les courbes représentatives des rapports $\frac{I}{I_{24}}$ pour différents câbles et comparons-les (tableau 5). M. Jacquin, Inspecteur des Postes et des Télégraphes, nous a fourni les chiffres relatifs aux guttas de l'usine de Silvertown et des câbles du golfe Persique, de Marseille-Oran, de Marseille-Tunis et de Madagascar; ceux de l'âme en

gutta extraite des feuilles ont été obtenus par nous en février 1898; enfin, nous avons relevé les chiffres portés dans le formulaire de Clarke.

TABLEAU 5. — RAPPORTS $\frac{I_t}{I_{24}}$ POUR DIVERS CABLES

TEMPÉRATURE	MARSEILLE-ORAN 1892	MARSEILLE-TUNIS 1892	MADAGASCAR 1895	SILVERTOWN 1872	GOLFE PERSIQUE 1864	GUTTA des feuilles 1898	CLARKE 1865	AIR SEC 1898
30°	0,521	0,423	0,452	»	0,542	»	0,51	0,75
28°	0,647	0,551	0,589	»	0,637	»	0,64	»
26°	0,809	0,725	0,768	0,760	0,815	»	0,80	»
24°	1	1	1	1	1	1	1	1
22°	1,285	1,3695	1,2826	1,31	1,238	1,25697	1.25	»
20°	1,658	1,8575	1,6443	1,72	1,529	1,56535	1,56	1,3166
18°	2,215	2,5435	2,1086	2,27	2,005	1,93221	1,953	»
16°	3,060	3,411	2,7043	2,98	2,607	2,42268	2,441	2
14°	4,098	4,4925	3,47	3,94	3,065	3,01063	3,053	»

La figure montre que le rapport baisse beaucoup plus vite pour les câbles sous gutta que pour les câbles isolés au papier et à l'air sec et que ce rapport, plus grand au-dessous de 24 degrés pour les premiers, est, au contraire, plus grand au-dessus de 24 degrés pour les seconds. Enfin, ce rapport tend, pour les seconds, à devenir constant quand la température s'élève.

Pour les câbles sous gutta, ces variations sont connues et expliquées par le ramollissement de la gutta ; mais pour les câbles isolés au papier et à l'air sec comment expliquer d'une façon plausible que le rapport varie du simple au double de 40 degrés à 24 degrés et de 24 degrés à 16 degrés, soit pour des intervalles respectifs de 16 degrés et 8 degrés? La question paraît d'autant plus complexe que, en réalité, on a un isolant hétérogène, air et papier, puisque tous

deux touchent à la fois au cuivre et au plomb; il faudrait alors savoir comment se comporte l'isolement

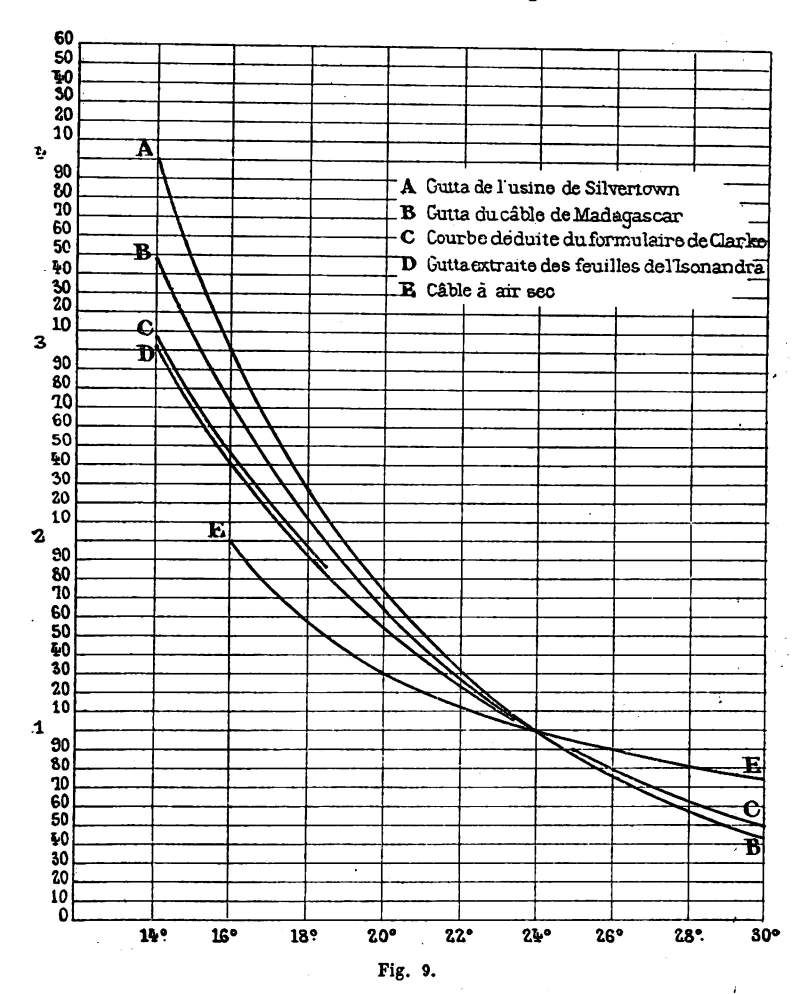


Fig. 9.

du papier qui a subi un traitement chimique, pour lui assurer la résistance exigée, et une dessiccation dans les étuves.

Cette dernière question serait à examiner ; on pourrait, par exemple, former un condensateur avec deux plaques de cuivre séparées par des bandes de papier de même épaisseur juxtaposées, le porter à différentes températures dans une étuve à air et mesurer son isolement avec les précautions convenables, ou mieux, répéter nos expériences sur des câbles identiques, mais à papiers de provenances différentes. Il faudrait, d'autre part, pour avoir quelques indications sur la façon dont se comporte l'air, faire des mesures d'isolement à diverses températures sur des lames de cuivre maintenues à distance fixe et formant condensateur plongé dans l'air, ou sur tout autre dispositif à imaginer.

Ces recherches n'auraient, d'ailleurs, qu'un intérêt théorique, car, pour la pratique des câbles à air sec, il suffit de savoir comment ils se comportent.

On remarquera l'ordre dans lequel se présentent les différentes courbes.

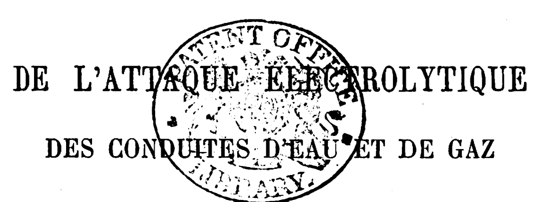
Le câble sous papier isolé à l'air sec que nous avons examiné est le moins sensible aux variations de température au point de vue de l'isolement.

Vient ensuite l'âme fabriquée avec de la gutta extraite des feuilles. Les chiffres trouvés sont identiques ou peut s'en faut avec ceux que l'on peut relever dans les anciens formulaires de Clarke.

Avec le câble de Madagascar la variation augmente encore.

Enfin, les tables employées à l'usine de Silvertown donnent la variation la plus forte.

DEFLACELLIÈRE.



DE L'ATTAQUE ÉLECTROLYTIQUE

DES CONDUITES D'EAU ET DE GAZ

PAR LES COURANTS DE RETOUR DES LIGNES DE TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

Suite (*)

Ces expériences, ainsi que d'autres du même genre, montrèrent que des différences de potentiel insignifiantes et de beaucoup inférieures à 1 volt, entre les surfaces d'objets en fer enfouis dans un sol humide, pouvaient donner lieu, en assez peu de temps, à des actions électrolytiques très appréciables, et que la limite de $1^v,5$ imposée par le Board of Trade était loin de donner d'absolues garanties de sécurité. On comprit la nécessité d'opérer de nouvelles expériences sur une plus vaste échelle, à l'aide de conduites existantes, et, à mon instigation, M. H.-W. Pearson, ingénieur de la Compagnie des Eaux de Bristol, procéda à l'expérience suivante sur la canalisation d'eau de cette ville.

On plaça dans le sol à une distance d'un yard les unes des autres trois rangées parallèles de tuyaux neufs en fonte ordinaire, de 5 pouces de diamètre (*fig.* 1), destinés à une canalisation d'eau. Chaque rangée était formée de quatre tuyaux de 9 pieds et

(*) Voir *Annales télégraphiques*, janvier-février 1899, p. 27.

avait, par conséquent, 36 pieds de long. Les joints étaient faits au plomb, à la façon ordinaire; les deux extrémités de chaque rangée étaient obturées à l'aide de calottes de fonte. Dans chaque tuyau on avait introduit, en le vissant, un cylindre en fer forgé de 2 pieds 6 pouces de long. Tous ces tuyaux avaient été enfouis à la profondeur de 2 pieds usitée pour les canalisations d'eau. L'extrémité de chacun d'eux était munie d'une tige en fer verticale qui dépassait le niveau du sol et permettait à l'opérateur de se relier

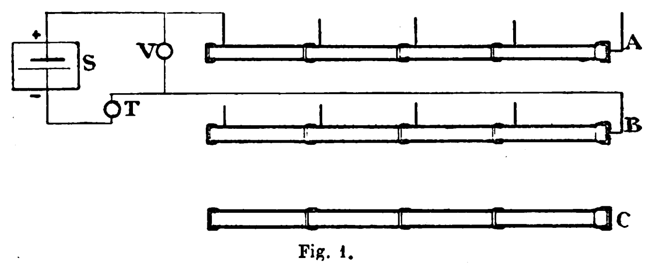


Fig. 1.

A, Tuyaux positifs. — B, Tuyaux négatifs. — C, Tuyaux neutres.
S, Pile secondaire. — T, Ampèremètre. — V, Voltmètre.

électriquement avec les points d'insertion correspondants. Au moment du dépôt des tuyaux dans la tranchée, la fonte était neuve et polie. On disposa l'expérience de façon à maintenir nuit et jour, pendant six mois, entre les deux rangées, une différence de potentiel de 1 volt. A cet effet, on fit usage de deux batteries secondaires à grande surface chargées alternativement et reliées à travers une résistance variable à deux rangées de tuyaux adjacentes. On intercala dans le circuit un ampèremètre et un ohmmètre à basse graduation. L'expérience commença le 1er mars 1898 et dura six mois. On enregistra journellement la différence de potentiel entre les rangées de tuyaux, l'inten-

sité du courant et l'état de l'atmosphère. L'organisation de l'expérience au point de vue électrique fut confiée à M. H. T. Sully qui réalisa celle-ci ainsi qu'il suit : Des trois rangées de tuyaux une était neutre et servait simplement de « témoin » destiné à montrer ce qu'eût été, à la fin de l'expérience, l'aspect des autres tuyaux s'ils étaient restés dans des conditions normales. Les deux autres rangées étaient maintenues à une différence de potentiel de 1 volt environ; d'autre part, les trois rangées étaient placées dans des conditions identiques et enfouies dans un sol de composition uniforme, constitué par un terrain sablonneux ne contenant pas d'acide et, d'ailleurs, à peu près neutre. L'intensité moyenne du courant dans les tuyaux à l'essai était de 0^a15 et oscilla entre 0^a1 et 0^a2 pendant les six mois d'expérience. Au bout de ce laps de temps, les tuyaux furent mis à découvert et soigneusement examinés. Ils étaient d'aspect très différent : la surface du tuyau qui avait été relié au pôle négatif était de couleur grise et présentait à peine quelques traces d'oxydation. En somme, son aspect ne s'était pas sensiblement modifié. Le tuyau qui avait été relié au pôle positif de la pile était, au contraire, uniformément recouvert d'une couche d'oxyde ou d'hydroxyde de fer jaune, orangé, qui atteignait en quelques points une épaisseur notable et se détachait facilement. Le tuyau neutre était, par endroits, légèrement oxydé, mais son oxydation n'était rien moins que générale. L'expérience avait duré 4416 heures pendant lesquelles 662 ampères-heure avaient passé d'un tuyau à l'autre sous une différence de potentiel constamment égale à 1 volt. L'aspect des tuyaux décelait nettement l'intervention d'une action électrolytique. En ce qui

concerne le tuyau négatif, la conservation du poli de la surface indiquait que l'hydrogène mis en liberté par l'électrolyse s'était porté sur lui et l'avait préservé de l'action oxydante de l'eau, du gaz et des sels contenus dans le sol. Au contraire, sur le tuyau positif, l'action électrolytique avait été manifestement le principal agent de l'oxydation. On ne trouva sur ce tuyau ni perforations ni traces particulières d'attaque, ce qui provenait sans doute de ce que les connexions électriques avaient été effectuées de façon à faciliter autant que possible l'établissement, entre les deux tuyaux, d'un flux uniforme d'électricité s'étendant sur toute leur longueur et ne se localisant pas en des points déterminés. La quantité d'électricité débitée, soit 662 ampères-heure, équivaut théoriquement à l'entraînement et à la disparition de 3.5 à 4 pieds cubes de fer. D'autre part, le tuyau ayant 36 pieds de longueur et 5 pouces de diamètre, sa surface était d'environ 6500 pouces, soit 45 pieds carrés. L'oxydation, sur une faible épaisseur, de la totalité de la surface servait de mesure au courant débité. Les différences constatées entre les deux tuyaux permettaient de conclure que le tuyau positif avait été plus sensible à l'action électrolytique. Cependant, si cette action qui, dans le cas actuel, affectait à peu près uniformément toute la surface du tuyau s'était concentrée sur un point déterminé, il est à peu près certain que l'attaque aurait revêtu un caractère plus accentué.

Dans l'expérience que nous venons de décrire aucune disposition n'avait été prise pour orienter le courant, à sa sortie, vers une portion déterminée du tuyau positif.

Il est évident que, si la traction électrique a pour résultat de créer, dans telle ou telle circonstance, des différences de potentiel entre certaines sections de conduites métalliques souterraines, la production d'un courant le long de ces conduites et peut-être aussi l'action électrolytique dépendront du degré de conductibilité de ces conduites. Nous avons établi plus haut que la résistance ordinaire du sous-sol pouvait varier parfois de 10 à 50 ω par yard cube. Or, la résistance spécifique de la fonte est d'environ 100 microhms par centimètre cube, soit approximativement un millionième d'ohm par yard cube. Il est facile de voir par là que, si l'on ne tenait pas compte de la résistance introduite par les joints des tuyaux et, à leur surface, par la rouille et les oxydes, la conductibilité d'un tuyau de fonte atteindrait toujours une valeur très supérieure à celle des matières du sol dont il occupe la place.

Cependant la résistance due à la défectuosité ou à l'oxydation des contacts et à la pénétration de l'humidité, à la peinture ou aux enduits préservateurs, peut devenir équivalente ou supérieure à celle des tuyaux eux-mêmes. D'après mon calcul, en ne tenant pas compte des joints, la résistance d'un tuyau de canalisation d'eau, en fonte, de 5 pouces doit être de $\frac{1}{20}$ d'ohm par 100 yards de longueur (*), soit de 1 ohm par mille. La résistance des joints sera de peu d'importance, si ceux-ci ont été faits au plomb entre des surfaces parfaitement nettoyées. Dans l'expérience relatée ci-dessus, qui eut lieu à Chelvey, je mesurai, au bout des six mois précités, la résistance, sur une longueur

(*) Rappelons ici que le yard vaut 916 millimètres.

de 27 pieds, des tuyaux de 6 pouces qui avaient été reliés au pôle négatif. Cette longueur de 27 pieds comprenait deux joints au plomb; je trouvai que sa résistance totale ne dépassait pas $\frac{1}{25}$ d'ohm. On ne saurait toutefois tirer de là une conclusion d'ordre général. Il est très difficile de mesurer la résistance propre d'un tuyau enfoui dans le sol, et il est probable que si, dans certains cas, la résistance de tuyaux d'eau ou de gaz, mesurée sur une grande longueur, reste faible, dans d'autres cas, au contraire, elle peut, à raison de l'imperfection des joints ou de leur oxydation, atteindre un chiffre élevé.

Nous pouvons considérer néanmoins les canalisations souterraines de toute espèce comme formant un réseau de conducteurs plus ou moins interrompu, par endroits, par des connexions de résistance considérable, mais constituant très probablement dans son ensemble un système irrégulier de conducteurs dont la conductibilité serait supérieure à celle du sol qu'ils déplacent, ou, si l'on préfère, qui occuperait le même espace si les canalisations n'existaient pas.

Considérons maintenant ce qui se passe, au point de vue électrique, dans le voisinage d'un tramway urbain à fil aérien. Si le retour du courant s'effectue à l'aide de rails non isolés, il est hors de doute qu'une partie, peut-être considérable, du courant de retour reviendra, par la terre, de l'extrémité de la ligne à la station génératrice, et cela quelque parfaite que soit la connexion des rails. Il est impossible de déterminer la distribution du courant dans le sous-sol environnant, mais, du moment que ce courant existe, on doit admettre l'existence, dans le sol, de lignes de force

et de surfaces équipotentielles orthogonales à ces lignes.

Le diagramme de la figure 2 donne une représentation grossière des conditions générales du phénomène. Supposons que la station génératrice se trouve en G, que T soit le fil de trolley et HG les rails. Lorsque les voitures sont en mouvement, le courant passe dans les rails en un certain nombre de points de la voie. L'extrémité H se trouve à un potentiel plus élevé que l'extrémité G. Le règlement du Board of Trade autorise une chute de potentiel maxima de 7 volts entre ces deux points. Il s'ensuivra que la distribution du flux d'électricité à travers le sol pourra être grossièrement représentée par les lignes pointillées aboutissant aux rails, qui figurent sur le diagramme. Les extrémités de ces lignes viennent se confondre dans le voisinage des voitures et se déplacent avec celles-ci. Perpendiculairement aux tubes de courant se meuvent dans le sol les surfaces équipotentielles qui suivent la marche des voitures. La présence de canalisations métalliques aura pour résultat de modifier, selon le degré de conductibilité du métal de ces canalisations, la position des tubes de courant, à raison des forces contre-électromotrices provenant des effets d'électrolyse. Dès lors, s'il existe des canalisations métalliques souterraines dans la région traversée par les courants de retour et, si des tuyaux de ces canalisations ont leurs extrémités sur des surfaces équipotentielles différentes, il est certain qu'un courant s'établira le long des conduites, pour peu qu'elles soient conductrices. Le fait se produira d'ailleurs quelle que soit la conductibilité du sol et même si sa résistance est pratiquement nulle. Une expérience bien simple le démontrera : Plaçons

dans un récipient de grande dimension un électrolyte quelconque, par exemple de l'acide dilué, et, dans cet électrolyte, deux électrodes servant au passage d'un courant à travers la masse liquide. Tordons ensemble jusqu'à deux pouces de leurs extrémités deux fils de cuivre recouverts d'isolant dont les bouts ont été préalablement dénudés. Recourbons à angle droit les deux extrémités laissées libres et relions les deux autres à un galvanomètre. Si nous plongeons dans l'électrolyte les extrémités libres, nous constaterons, à l'aide du galvanomètre, l'existence d'un courant dont le sens dépendra de la position de l'extrémité qui le recueille. Si nous disposons l'extrémité du fil de façon que le fil fasse un angle droit avec la direction du courant, le galvanomètre ne subira aucune déviation. L'explication de ce fait est aisée. Si les extrémités du fil d'exploration se trouvent placées dans l'électrolyte, sur des surfaces équipotentielles différentes, quand un courant traversera ce dernier le galvanomètre indiquera naturellement son passage. Si ces mêmes extrémités se trouvent placées en deux points appartenant à une même surface équipotentielle, le galvanomètre n'indiquera aucun courant. On remarquera, après l'expérience, que le galvanomètre dévie un instant sous l'action d'un courant de retour dû à la polarisation des électrodes.

Dans le cas d'une ligne de tramway électrique d'une certaine longueur avec retour par les rails, il est certain que la différence de potentiel qui prend naissance entre divers points de la voie pendant la marche des voitures ne manquera pas de produire un courant à travers le sol, quelle que soit la perfection de l'éclissage.

M. H. F. Parshall a démontré (*Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, avril 1898), par des essais faits au milieu de la longueur d'une voie de huit milles, en intercalant un ampèremètre sur les rails préalablement sciés en ce point, que 60 pour 100 du courant utilisé revenaient par la terre.

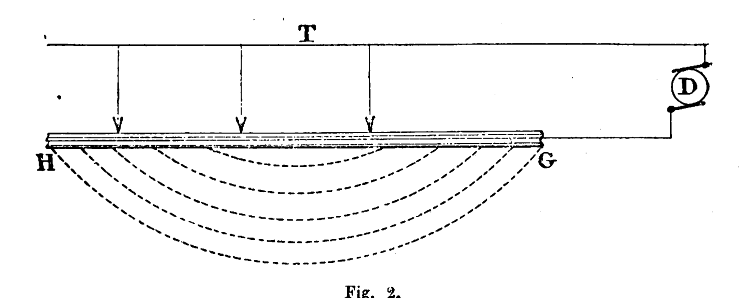


Fig. 2.

HG, Rail noyé dans le sol. — T, Fil de trolley. — D, Dynamos.
Les lignes en pointillé représentent grossièrement, en plan vertical, la position dans le sol des tubes de courant et des surfaces équipotentielles.

Tout le monde reconnaîtra qu'il est d'une extrême importance, pour les intérêts des industries susceptibles d'être lésées par la traction électrique, de savoir ce que devient cette importante fraction du courant total et de déterminer les effets produits par son passage.

Il est très difficile d'effectuer des expériences précises à cet égard sur les lignes de tramway actuelles. On ne saurait songer, en effet, à scier les rails pas plus que les conduites métalliques d'eau ou de gaz, pour évaluer l'intensité du courant qui les traverse. J'ai dû, dans ces conditions, m'appliquer à réaliser en quelque sorte, dans mon laboratoire, une ligne de tramway artificielle avec retour par la terre. Des tuyaux d'eau ou de gaz représentés par des conducteurs

équivalents se trouvaient placés dans la situation voulue par rapport aux rails du tramway.

La *fig*. 3 montre la disposition de l'expérience. Le grand rectangle représente une boîte en bois de grande dimension. Le bois qui convient le mieux est le sapin paraffiné ou soigneusement verni. La dimension de la caisse peut être quelconque, mais il est préférable de prendre celle-ci de section carrée et de profondeur égale à la moitié de la longueur. On remplit cette caisse de sable de mer ou de rivière mélangés d'un peu de sel, de façon à obtenir une meilleure conductibilité eu égard aux dimensions limitées du récipient. On humecte la masse avec de l'eau jusqu'à ce que l'on ait obtenu une humidité suffisante, sans toutefois donner lieu à la présence d'eau à l'état libre au-dessus de la surface. La résistance de la masse mesurée entre les surfaces opposées sera d'environ 1ω par yard cube. A la surface du sable, qui représente le sol, posons des conducteurs qui seront les rails du tramway électrique. J'ai fait usage pour cela avec avantage de baguettes ou tringles en glaise plombaginée, qui possédaient la résistance voulue et pouvaient servir également de ligne de transport de force. Une paire de ces baguettes reliées en surface par des fils de platine représentaient les fils de contact. On créait sur la ligne une chute de potentiel de 7 volts, égale, par conséquent, au maximum autorisé par le Board of Trade, en reliant les fils, aux extrémités de la ligne, à une pile secondaire de 4 ou 5 éléments. En intercalant un ampèremètre dans le circuit, on constatait que l'intensité du courant total débité était plus considérable lorsque les baguettes étaient placées sur le sable humide que lorsqu'elles étaient complètement

soulevées au-dessus du sol artificiel. Ce fait démontrait l'existence d'un retour par la terre. Pour reconnaître le mode de répartition du débit à travers la masse du sol environnant, on faisait usage d'un galvanomètre ou d'un voltmètre muni de connexions flexibles, dont les extrémités étaient reliées à des fils isolés tordus ensemble; les deux bouts étaient dénudés et écartés en forme de pince.

On n'avait alors qu'à enfouir dans le sol, à une faible profondeur, des fils de fer ou des tubes de plomb disposés à volonté, qui représentaient les tuyaux d'eau ou de gaz.

On suivait sur voltmètre les phases du phénomène. Si un « tuyau », c'est-à-dire un fil représentant un tuyau, se trouvait placé parallèlement à la « ligne », on constatait qu'à une extrémité de la « ligne », celle-ci était positive par rapport au tuyau et que l'inverse se produisait à l'autre extrémité. Dans le modèle que j'avais construit, je trouvai que la différence de potentiel entre un « tuyau » de ce genre et la « ligne » était de 1 ou 2 volts, exactement comme dans le cas d'un tramway électrique véritable où l'on aurait mesuré la différence de potentiel existant entre les rails et une conduite métallique placée, dans le sol, parallèlement à ceux-ci (*). Dans le cas de conduites placées parallèlement aux surfaces équipotentielles, les diffé-

(*) Si les « rails » de l'expérience ci-dessus sont en charbon et que les « tuyaux » consistent en fils de fer, il se produira entre ces objets une différence de potentiel d'environ 1 volt, étant donné que le charbon et le fer en présence du sable humide constituent un couple voltaïque. Bien que cette différence de potentiel soit constante, il convient d'en tenir compte dans la mesure des différences dues au passage à travers le sable du courant produit par la force électromotrice extérieure ainsi mise en jeu.

rences de potentiel entre les divers points de la conduite et un point de la ligne sont sensiblement les mêmes. Il est facile de démontrer, au moyen de la pince d'essai, que le courant de retour qui revient par la terre se répand à travers la masse de sable tout entière, et l'on peut déterminer à peu de chose près la forme générale des surfaces équipotentielles.

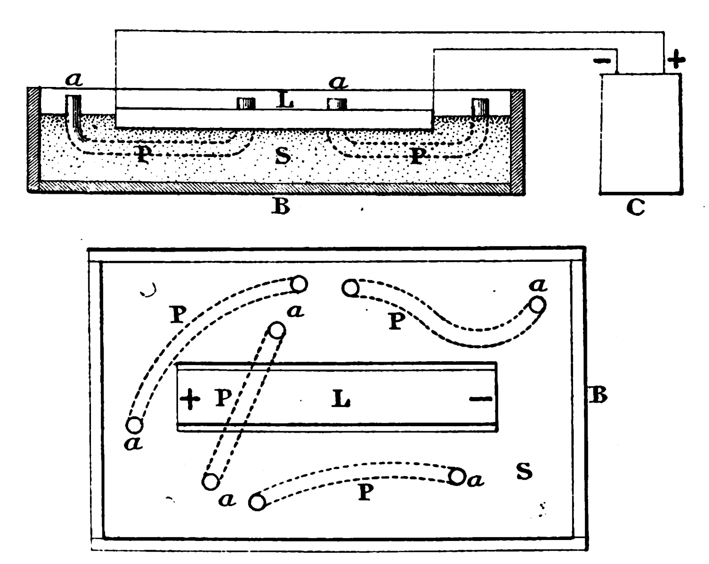


Fig. 3.

Expérience montrant, au point de vue électrique, la situation relative d'une ligne de tramway électrique avec retour par rails non isolés et de conduites métalliques enfouies dans le sol.

B caisse de bois contenant du sable de mer humide.
L ligne de tramway électrique fictive avec retour par rails non isolés.
C pile secondaire.
P tuyaux de plomb ou de fer représentant les canalisations métalliques.
a extrémités des tuyaux en saillie au-dessus du sol.

Si les « fils » de la *fig.* 3 sont munis d'un prolongement en forme de boucle faisant saillie au-dessus du sol, ce prolongement pourra être coupé, ce qui per-

mettra d'intercaler un galvanomètre ou un ampèremètre sensible pouvant indiquer l'intensité du courant qui traverse le « tuyau ». De cette façon, il sera possible de démontrer que, lorsqu'une conduite métallique disposée *parallèlement* à la voie est reconnue positive par rapport aux rails dans le voisinage de la station génératrice et négative dans les parties éloignées de la station, il existe, le long de la conduite, un courant se dirigeant de l'extrémité de la voie vers la station. Au contraire, si le tracé de la conduite coupe plus ou moins obliquement la direction de la voie, on ne constatera la présence d'aucun courant dans cette conduite.

Il n'est pas possible de procéder à des expériences du même genre sur des lignes de tramway et des canalisations véritables. Dès lors, en ce qui concerne ces lignes et ces canalisations, nous ne pourrons conclure à l'existence d'un courant tel que celui qui a été constaté plus haut que par les effets d'électrolyse que ce courant déterminera.

Quoi qu'il en soit, ces expériences m'ont permis de conclure que, reproduites de la même manière et avec les dimensions réelles des objets correspondants, dans une localité où des effets de nature électrolytique sont à redouter, elles pourraient rendre un compte exact de ce que seront ces effets.

Il est évident, d'ailleurs, qu'une reproduction à échelle réduite des circonstances du phénomène ne saurait représenter que très grossièrement la réalité des faits. Il est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de déterminer à l'avance le trajet que suivra le courant de retour en se répandant à travers le sol. Ce trajet dépend, à un degré qui nous est encore inconnu, de la conductibilité du sol et des concrétions

pierreuses, conductibilité variable avec la nature des formations géologiques, les eaux contenues dans le sous-sol, le tracé des conduites métalliques souterraines, les infiltrations d'eaux d'égout, les fuites des canalisations d'eau et de gaz; il varie aussi, à chaque instant, avec l'intensité du trafic aux divers points de la ligne de tramway considérée. Quoi qu'il en soit, il est certain, nous le répétons, que le fonctionnement de la ligne tend à produire un courant à travers le sol entre les extrémités de la voie et le point de celle-ci où sont reliés les pôles négatifs des dynamos. L'attaque des conduites métalliques dépend uniquement de la facilité égale ou supérieure que le courant trouve à les suivre ou à retourner par la terre; cette attaque a lieu même si la résistance totale de la terre est très inférieure à celle de la canalisation, quelle que soit la nature de celle-ci; mais son degré d'intensité varie considérablement avec la résistance des joints et avec la résistance superficielle, due à l'oxydation, aux points de pénétration du courant. On peut s'en rendre compte aisément en répétant l'expérience de laboratoire mentionnée ci-dessus et en faisant usage au cours de cette expérience de conducteurs représentant des tuyaux partiellement isolés ou à joints défectueux, plongés, comme précédemment, dans du sable. Cela prouve, soit dit en passant, que notre procédé a une valeur pratique incontestable, aussi bien comme appareil de démonstration théorique que comme appareil d'expérience ou d'essai.

De ce qui précède on peut tirer les conclusions suivantes qui indiquent assez exactement ce qui se passe dans le cas d'un réseau urbain de tramways électriques avec retour du courant par rails non isolés :

1° Aucun mode d'éclissage des rails, quand ceux-ci ne sont pas isolés, ne saurait radicalement empêcher la diffusion du courant à travers le sol adjacent lorsqu'il existe une différence de potentiel entre les diverses parties de la voie. Même avec un éclissage du type le plus récent ou avec des rails continus, une fraction du courant, fraction qui est loin d'être négligeable, revient par la terre.

2° Une partie de ce courant suivra les canalisations métalliques souterraines et sa quotité sera déterminée :

a) Par la conductibilité générale ou locale du sous-sol;

b) Par la conductibilité électrique et la continuité des canalisations, qui dépendent elles-mêmes de la qualité des joints et du matériel;

c) Par la longueur et la disposition de chaque canalisation, ainsi que par sa position relativement aux surfaces équipotentielles pendant le fonctionnement de la ligne;

d) Par l'état des tuyaux au point de vue de l'oxydation, de l'incrustation d'oxydes non conducteurs, ou des enduits protecteurs qui les recouvrent. — Certaines circonstances sont particulièrement favorables au passage du courant dans les tuyaux. Elles consistent dans le parallélisme, sur une certaine longueur, des canalisations et des rails, dans le fait de l'installation des tuyaux près du point de jonction du feeder de retour à la station génératrice et du rail, dans le poli et la propreté de la surface des tuyaux, dans la bonne confection des joints. — L'influence de ces circonstances sur le phénomène dépend d'ailleurs de la conductibilité générale du sol environnant.

3° Les zones dangereuses sont celles où un courant circulant le long d'une canalisation métallique quitte la canalisation pour passer dans les rails ou le feeder de retour ou même pour revenir, après un détour, dans cette même canalisation. Toutefois, le fait d'une simple différence de potentiel entre le rail et la canalisation ne constitue pas par lui-même une source de dangers pour celle-ci. Il faut pour cela qu'il se produise, en outre, un courant électrolytique allant des tuyaux dans le sol adjacent et que ce sol renferme certains sels électrolysables en même temps que le degré d'humidité voulu.

4° Si ce courant électrolytique se produit en certains points particuliers de la canalisation, la sécurité donnée par

la différence de potentiel limite de 1^volt^,5 du Board of Trade n'est pas absolue; toutefois, les détériorations seront d'autant moins rapides que cette différence sera plus faible; mais une attaque électrolytique pourra se produire même quand la différence de potentiel entre une canalisation métallique et la section de voie adjacente n'atteindra qu'une petite fraction de volt.

5° Les circonstances qui favorisent au plus haut point l'attaque et la destruction des canalisations consistent dans une certaine composition du sol au voisinage des points où les canalisations sont au potentiel positif le plus élevé par rapport au rail. C'est encore la présence dans le sol de chlorures solubles provenant des eaux d'égout, d'eaux saumâtres, d'infiltrations d'eau de mer si l'on se trouve sur le littoral, de chlorures de sodium, de potassium, de magnésium, véhiculés dans le sol par l'eau de pluie qui le sature ou par l'eau provenant des pertes de canalisations défectueuses, toutes circonstances favorisant l'électrolyse et donnant lieu à la mise en liberté d'acides ou d'ions de chlore susceptibles d'attaquer la fonte des tuyaux. Si l'on se place au point de vue de la rapidité de l'attaque, une canalisation neuve pourra être plus rapidement détruite qu'une canalisation ancienne protégée par une couche dense et adhérente d'oxyde qui ne saurait constituer un bon conducteur. L'action sera d'autant plus rapidement destructive que l'attaque électrolytique sera concentrée sur une zone plus restreinte de la surface. Du moment que le système de traction comportera l'emploi de rails non isolés, les intéressés ne pourront pas arguer de leur ignorance des éventualités mentionnées ci-dessus. D'autre part, il convient d'observer que, même dans le cas où une perforation complète des tuyaux n'aurait pas lieu, il se produira une action élémentaire qui aura pour résultat d'abréger leur durée.

6° Étant donné que les conditions dans lesquelles se produit l'attaque sont aussi nombreuses que difficiles à prévoir, il importe de surveiller attentivement les lignes de tramway faisant usage pour le retour du courant de rails non isolés. Cette surveillance consistera à reporter, sur un croquis figurant les rails et les canalisations dans leurs positions relatives, les différences de potentiel prenant naissance en divers points entre ces deux catégories de conducteurs. Quand, à

l'aide de ce plan, on constatera que, pour un motif quelconque, une tranchée vient d'être ouverte dans le voisinage de ces points, on aura soin d'examiner, dans cette tranchée, l'état des canalisations, afin de bien mettre en évidence l'action destructive de l'électrolyse sur les tuyaux.

Dans ce court exposé des causes de l'électrolyse et des circonstances qui la favorisent, nous n'avons pas parlé des remèdes à y apporter. Cette deuxième partie de la question exigerait beaucoup de temps pour la traiter.

Le seul but de notre travail a été de démontrer que, même dans le cas où les prescriptions du Board of Trade sont rigoureusement observées, il est impossible d'affirmer que tout danger est écarté.

Dr J.-A. Fleming.

ÉNERGIE DU CHAMP MAGNÉTIQUE

MODIFICATION DU RAISONNEMENT CLASSIQUE

CONDUISANT A LA FORMULE DE NEUMANN (*)

J'ai montré, dans ce Recueil (**), que l'expression habituellement admise pour l'énergie d'un champ électrique doit être modifiée parce qu'il faut tenir compte de la chaleur que le système doit prendre ou fournir au milieu extérieur pendant son électrisation pour maintenir sa température constante. Une modification tout à fait analogue s'impose pour l'expression de l'énergie d'un champ magnétique. C'est ce qui fera l'objet de cet article.

Je considérerai successivement les trois cas suivants : 1° le champ est constitué uniquement par des aimants permanents ; 2° le champ est constitué uniquement par des courants dans un milieu dont la perméabilité est indépendante de l'intensité du champ ; 3° le champ est produit à la fois par des courants et par des aimants permanents.

Premier cas. — Des considérations tout à fait analogues à celles qui donnent l'énergie du champ électrique conduisent au résultat.

(*) *Journal de physique*, 3e série, t. VII, 1898, p. 703.
(**) *De la variation d'énergie dans une transformation isotherme. — De l'énergie électrique*, t. VII, p. 18.

Désignons par M la quantité de magnétisme qui se trouve dans une région où le potentiel magnétique est V; examinons l'accroissement d'énergie qui a lieu pour la partie de l'espace soumise au champ, quand celui-ci passe d'une valeur nulle à la valeur considérée. Comme cette variation d'énergie ne dépend pas de la façon dont se fait la transformation, nous supposerons qu'à chaque instant, pendant celle-ci, toutes les parties présentent la même fraction x de leur charge magnétique finale et, par conséquent, que chaque point du champ possède aussi la même fraction x du potentiel final. Considérons, comme variables indépendantes, x et la température absolue T, supposée uniforme.

Pour faire croître simultanément le magnétisme des points aimantés du champ, on peut imaginer qu'on transporte depuis l'infini jusqu'aux points considérés des aimants infiniment petits qu'on juxtapose à ceux qui ont été amenés antérieurement. Le travail des forces extérieures $-dW$ pour augmenter ainsi de Mdx la charge magnétique de chaque point est donné par :

$$(1) \qquad -dW = \Sigma Vx \cdot Mdx = (\Sigma MV)xdx.$$

En vertu de la relation générale établie sous le numéro (8) dans l'article précité, on a pour la variation élémentaire d'énergie dU_T, *si l'on maintient la température constante, le système prenant ou cédant au milieu extérieur la quantité de chaleur convenable :*

$$(2) \qquad dU_T = \left[(\Sigma MV)x - T\left(\frac{\partial \Sigma MV}{\partial T}\right)_M x\right]dx,$$

expression dans laquelle, pour la dérivation, M doit

être considéré comme indépendant de T, mais où V peut dépendre de T, à cause de la variation de la perméabilité avec la température et aussi à cause des dilatations.

En intégrant depuis $x=0$ jusqu'à $x=1$ pour avoir la variation d'énergie du système U_T à température constante, c'est-à-dire l'*énergie du champ magnétique*, on a :

$$U_T = \frac{1}{2}\Sigma M V - \frac{T}{2}\left(\frac{\partial \Sigma M V}{\partial T}\right)_M, \tag{3}$$

expression identique à celle obtenue pour le champ électrique.

On voit aisément que $-\frac{T}{2J}\left(\frac{\partial \Sigma M V}{\partial T}\right)_M$ est la quantité de chaleur mise en jeu pour maintenir la température constante pendant la création du champ magnétique.

Deuxième cas. — Comme nous l'avons dit, nous supposerons ici que les courants qui constituent le champ sont placés dans un milieu homogène ou hétérogène, mais dont la perméabilité ne varie pas avec l'intensité du champ, et sans aimantation résiduelle, de façon que si les intensités de tous les courants deviennent nulles, le champ magnétique devient nul aussi.

Remarquons que l'énergie du champ magnétique dépend de la forme, de la position, de l'intensité des courants, ainsi que de la perméabilité des diverses régions du champ, mais ne dépend pas de la résistance des conducteurs parcourus par les courants. Celle-ci ne fait que régler la quantité de chaleur que

le milieu extérieur doit enlever au système pour maintenir sa température constante. Afin d'avoir des phénomènes réversibles, nous pouvons supposer le cas limite où la résistance de tous les conducteurs est infiniment faible.

Nous supposerons aussi que les courants sont fournis par des électromoteurs fondés sur l'induction, mis en mouvement par des forces extérieures au système. En régime permanent, il faudra, pour avoir un courant d'intensité finie, que la force électromotrice de ceux-ci soit infiniment faible, puisque la résistance elle-même est infiniment faible ; mais, pendant la période variable, à cause des phénomènes d'induction des circuits les uns sur les autres, il faudra que la force électromotrice des électromoteurs soit finie pour s'opposer à la force électromotrice due aux phénomènes d'induction dont nous venons de parler.

Pour simplifier l'exposé, nous considérerons d'abord le cas où il n'y a que deux circuits distincts, soient L_1, L_2 et M les coefficients de self-induction de ces circuits et leur coefficient d'induction mutuelle ; i_1 et i_2 les intensités au temps t des courants que nous allons faire varier depuis une valeur nulle jusqu'aux valeurs I_1 et I_2. Comme pour avoir la variation d'énergie entre ces deux états, peu importe les états intermédiaires, nous pouvons supposer que tous les circuits restent immobiles et que la loi de variation des courants est donnée par les expressions

$$\frac{i_1}{I_1} = \frac{i_2}{I_2} = 1 - e^{-at} = x, \tag{4}$$

ce qui est toujours possible en faisant tourner avec une vitesse convenable les électromoteurs. Ces rela-

tions donnent $i_1 = i_2 = 0$ pour $t = 0$ ou $x = 0$ (état initial) $i_1 = I_1$, $i_2 = I_2$ pour $t = \infty$ ou $x = 1$ (état final). En désignant par E_1 et E_2 les forces électromotrices des électromoteurs au temps t, les lois de l'induction fournissent les relations suivantes (en nous rappelant que les résistances sont infiniment faibles) :

$$(5)\quad \begin{cases} E_1 = L_1 \dfrac{di_1}{dt} + M \dfrac{di_2}{dt} = (L_1 I_1 + M I_2) a e^{-at} \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad = (L_1 I_1 + M I_2) a (1 - x), \\ E_2 = M \dfrac{di_1}{dt} + L_2 \dfrac{di_2}{dt} = (M I_1 + L_2 I_2) a e^{-at} \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\quad = (M I_1 + L_2 I_2) a (1 - x). \end{cases}$$

Pendant le temps dt, le travail $-dW$ des forces extérieures, qui se réduit au travail nécessaire pour faire tourner les électromoteurs, est donné par :

$$(6)\qquad -dW = (E_1 i_1 + E_2 i_2) dt = A x dx,$$

en posant pour abréger l'écriture :

$$(7)\qquad A = L_1 I_1^2 + 2 M I_1 I_2 + L_2 I_2^2.$$

Considérant maintenant l'état du système comme caractérisé par les deux variables indépendantes x et T (température absolue supposée uniforme), les intensités I_1 et I_2 étant indépendantes de T, mais les coefficients L_1, L_2, M et, par conséquent, A en dépendant à cause de la variation de la perméabilité avec la température et des dilatations.

Dans une variation infiniment petite, à température constante, la formule générale portant le numéro (8) dans l'article précité donne, pour la variation élémentaire dU_T de l'énergie du système l'expression :

$$(8)\quad dU_T = \left(A x - T \frac{\partial A}{\partial T} x \right) dx = \left(A - T \frac{\partial A}{\partial T} \right) x dx.$$

Pour avoir l'énergie du champ magnétique, c'est-à-dire la variation d'énergie à température constante U_T du système pendant que les courants passent d'une intensité nulle à leur intensité finale, il suffit d'intégrer l'expression précédente en faisant varier x de 0 à 1, comme nous l'avons vu ; ce qui donne :

$$(9) \qquad U_T = \frac{1}{2} A - \frac{T}{2} \frac{\partial A}{\partial T}.$$

On voit aisément que $-\frac{T}{2J} \frac{\partial A}{\partial T}$ est la quantité de chaleur mise en jeu pour maintenir la température du système, constante pendant la création du champ, puisqu'en vertu de la relation (6) $\frac{1}{2} A$ représente le travail des forces extérieures.

En remplaçant A par sa valeur (7), il vient :

$$(10) \quad \left\{ \begin{aligned} U_T = \frac{1}{2}\left(L_1 - T \frac{\partial L_1}{\partial T}\right) I_1^2 + \left(M - T \frac{\partial M}{\partial T}\right) I_1 I_2 \\ + \frac{1}{2}\left(L_2 - T \frac{\partial L_2}{\partial T}\right) I_2^2. \end{aligned} \right.$$

Si, au lieu de deux circuits, il y en a un plus grand nombre, on trouve aisément que la relation (9) est toujours applicable en prenant pour A la valeur :

$$(11) \qquad A = \Sigma L I^2 + 2 \Sigma M_{ij} I_i I_j,$$

d'où pour l'énergie U_T du champ l'expression :

$$(12) \quad U_T = \frac{1}{2} \sum \left(L - T \frac{\partial L}{\partial T}\right) I^2 + \sum \left(M_{ij} - T \frac{\partial M_{ij}}{\partial T}\right) I_i I_j.$$

Troisième cas. — Nous allons considérer maintenant le cas où le champ est produit par des aimants permanents de magnétisme parfaitement rigide et par

des courants fermés placés dans un milieu homogène ou hétérogène, mais dont la perméabilité ne dépend pas de la valeur du champ. Ce cas se ramène immédiatement aux deux précédents. Supposons d'abord tous les circuits ouverts, et créons, comme dans le premier cas, le champ dû aux aimants seuls; soit U_A l'énergie de ce champ. Tout étant immobile, fermons les circuits que nous supposons encore avoir des résistances infiniment petites, et faisons passer les courants de l'intensité nulle à leur intensité définitive; nous n'aurons rien à changer aux relations (4), (5),... (12), car les circuits et les aimants restant immobiles, ceux-ci ne donnent lieu à aucun phénomène d'induction. Il en résulte que la variation d'énergie U_c, quand les courants passent d'une intensité nulle à l'intensité définitive, est encore représentée par les relations (9), (10), (11) ou (12). L'énergie du champ magnétique est donc $U_A + U_c$: *c'est la somme des énergies du champ magnétique, si les aimants existaient seuls* (U_A) *et si les courants existaient seuls* (U_c) (*).

II

On serait tenté de croire qu'il est nécessaire de connaître cette dernière proposition pour établir rigoureusement par le raisonnement de Helmholtz ou de lord Kelvin la formule de Neumann, qui donne l'expres-

(*) M. Vaschy a démontré ce théorème sans se fonder sur les lois de l'induction et précisément dans le but de rendre rigoureux le raisonnement qui conduit à la formule de Neumann. Mais sa démonstration néglige les quantités de chaleur mises en jeu dans la création du champ magnétique et, si on veut en tenir compte, elle devient difficile à faire. C'est pourquoi je crois bon de montrer qu'on peut se passer de ce théorème pour établir la formule de Neumann.

sion de la force électromotrice d'induction dans le déplacement relatif d'un circuit et d'un aimant. Mais remarquons que, si nous nous bornons à considérer un courant infiniment faible fourni par une pile dans un circuit de résistance finie, on peut établir *a priori* que l'énergie du système ne dépend pas de la position relative du circuit et de l'aimant, bien entendu dans le cas où celui-ci ne renferme que du magnétisme rigide.

En effet, supposons immobile dans une position quelconque le circuit par rapport à l'aimant. Le circuit étant d'abord ouvert, fermons-le sur une pile de force électromotrice infiniment faible de, considérée comme ne faisant pas partie du système ; il naîtra un courant infiniment faible di, et la pile ne fournira, dans un temps fini, qu'une quantité d'énergie qui est un infiniment petit du second ordre ; par conséquent, la fermeture de ce circuit sur la pile ne modifiera pas l'énergie du système aux infiniment petits du second ordre près ; la chaleur mise en jeu pour maintenir la température constante sera aussi un infiniment petit du second ordre.

Ceci posé, considérons le circuit fermé sur la pile de force électro-motrice de dans une position (1) par rapport à l'aimant, et soit U l'énergie du système dans ce cas. Ouvrons ce circuit et transportons-le ainsi dans une position (2); puis fermons-le sur la même pile de force électromotrice de, ce qui donnera la même intensité di, du courant après le régime variable. Le système n'ayant reçu ni travail, ni chaleur, ni aucune autre forme d'énergie que l'énergie pendant le transport, son énergie sera restée U aux infiniment petits du second ordre près.

Mais si l'on fait le transport de la position (1) à la

position (2), le circuit étant fermé, en faisant varier convenablement la force électromotrice e de la pile, de façon que le courant conserve toujours la même intensité infiniment petite di considérée ci-dessus, malgré les phénomènes d'induction qui vont se produire, le système fournira au milieu extérieur un certain travail kdi, grâce aux forces électromagnétiques que nous supposerons équilibrées par des forces extérieures. D'autre part, si nous nous plaçons dans le cas limite où ce travail est indépendant de la température, les relations (1) et (5) de mon article sur « La variation d'énergie dans les transformations isothermes (*) » montrent que la chaleur mise en jeu pour maintenir la température constante est nulle. Puisque l'énergie du système n'a pas varié aux infiniment petits du second ordre près, il faut que, pendant ce transport, il ait reçu de la pile une énergie $\int edidt$ précisément égale à ce travail :

$$\int edidt = kdi; \quad \text{d'où} \quad e = \frac{dk}{dt}.$$

La force électromotrice de la pile n'est donc plus restée infiniment petite. Mais, comme l'intensité du courant est restée infiniment petite, la force électromotrice de la pile a été à chaque instant égale, à un infiniment petit près, à la force électromotrice d'induction. Celle-ci est donc donnée par $e = \frac{dk}{dt}$; c'est l'expression de Neumann.

H. Pellat.

(*) *Journal de physique*, t. VII, p. 18, 1898.

REVUE DE 1898 (*)



L'année qui vient de s'écouler n'a produit, au point de vue des télégraphes et des téléphones, aucun événement de nature à mériter une mention particulière. L'extension du réseau et l'augmentation du nombre des correspondances ont suivi la marche normale que nous avons eu l'occasion de constater les années précédentes et les dispositions du nouveau Règlement de service international arrêté à Budapest en 1896 et mis en vigueur le 1er juillet 1897 ont été régulièrement appliquées. Quelques difficultés de peu d'importance constatées au cours de ce premier exercice ont donné lieu à de sérieuses enquêtes dont bénéficiera la prochaine revision réservée à la conférence qui se tiendra à Londres en 1901.

Il s'est constitué à Londres une Compagnie télégraphique nouvelle, la « Direct West India Cable Co », qui a fait immédiatement sa déclaration d'adhésion à la Convention de Saint-Pétersbourg dans les conditions où les sociétés privées sont admises à adhérer à cet acte diplomatique. Cette Compagnie a établi et exploite depuis le 1er février 1898 les câbles sous-marins ci-après appartenant au réseau des Antilles :

Des Bermudes à Turks'Island, 1530 kilomètres;

De Turcks'Island à la Jamaïque, 840 223 kilomètres.

La Compagnie « West India and Panama Telegraph »

(*) *Journal télégraphique international de Berne*, janvier 1899.

a posé, également dans le réseau des Antilles, et ouvert au service international, le 1er septembre 1898, les câbles suivants :

De Sainte-Croix à Sainte-Lucie, 637 088 kilomètres;

De Sainte-Lucie à Grenade, 285 208 kilomètres;

Et de Grenade à Trinidad, 231 500 kilomètres.

On sait aussi que la « Compagnie française des Câbles télégraphiques » a posé dans le courant de l'année un nouveau câble entre Brest et l'Amérique. Ce conducteur sous-marin, sans atterrissement intermédiaire, a une longueur de 6 116 kilomètres et paraît être le plus grand câble construit et posé jusqu'à ce jour.

Parmi les grandes lignes terrestres internationales nous n'avons à citer, quant à présent, que le fil direct posé entre Paris et Lisbonne dans le courant de cette année, mais nous pourrions mentionner d'autre part un grand nombre de prolongements ou de créations nouvelles de lignes télégraphiques ou téléphoniques qui concernent le service international. Nous pensons toutefois que ce détail serait d'un intérêt médiocre pour nos lecteurs et nous préférons leur exposer sommairement quelles sont les principales extensions en perspective.

Parmi les projets en cours nous avons à signaler la grande ligne transcontinentale d'Afrique dont l'exécution se poursuit avec l'esprit de méthode qui caractérise les entreprises anglaises. Il s'agit, on le sait, de relier le nord de l'Afrique au sud, l'Égypte à la Colonie du Cap, par une ligne télégraphique terrestre continue qui n'aura pas moins de 9 000 kilomètres de longueur. Actuellement les travaux, du côté du nord, atteignent Kartoum et Kassala par deux lignes dont

l'une partant d'Alexandrie et du Caire suit toute la vallée du Nil, tandis que l'autre part de Souakim où elle se rèlie au réseau sous-marin de la mer Rouge.

Du côté du sud la ligne est maintenant établie depuis le Cap jusqu'au delà du Zambèse. Après avoir rayonné sur les territoires de la Colonie du Cap, de Rhodesia, du Protectorat britannique de l'Afrique centrale, etc., où elle forme un réseau compact très important, elle atteint l'extrémité méridionale du lac Nyassa, traverse ce lac du sud au nord probablement au moyen d'un câble, et se trouve arrêtée, quant à présent, à Karonga, tête de ligne située à la pointe nord du lac Nyassa et à proximité des territoires allemands de l'Afrique orientale. C'est ici que commenceront probablement les difficultés les plus sérieuses de cette colossale entreprise; il s'agit en effet de rejoindre le lac Tanganyika pour atteindre, plus au nord, le cours supérieur du Nil, en suivant à peu près une ligne qui forme la frontière entre le Congo belge et la sphère d'intérêts du Gouvernement allemand, de sorte qu'aux obstacles matériels, résultant de la situation topographique, viendront se joindre les complications d'un problème de politique internationale. Il y a tout lieu d'espérer cependant que ces dernières difficultés seront résolues par un arrangement tiré des conditions mêmes de l'Union télégraphique. Quant aux inconvénients très graves que présente l'établissement de fils télégraphiques dans des régions presque désertes où les transports de matériel sont pénibles et coûteux et les travaux d'entretien souvent entourés de dangers réels, les ingénieurs anglais en auront raison comme ils ont su vaincre autrefois des difficultés de même ordre, lorsqu'ils ont construit la ligne télégraphique

qui traverse du nord au sud tout le continent australien, en franchissant des territoires inexplorés jusqu'alors.

Il reste à construire, pour relier maintenant le nord au sud de l'Afrique, environ 5000 kilomètres de ligne; la longueur des lignes en pleine exploitation est de 4000 kilomètres, de sorte que près de la moitié du travail est déjà exécutée.

Il est évident qu'au point de vue des communications télégraphiques en général l'ouverture de cette ligne transcontinentale, sur tout son parcours, sera un événement heureux; les correspondances par les câbles sont toujours coûteuses, en raison même des dépenses très élevées que comportent la pose et l'entretien des conducteurs sous-marins. On doit reconnaître que les Compagnies auxquelles nous devons le réseau des câbles qui festonnent le continent africain à l'est et à l'ouest ont fait preuve de leur désir de faciliter les communications, et ont réduit leurs taxes à l'extrême limite, en adoptant le tarif de 6 fr. 25 par mot entre l'Europe et le cap de Bonne-Espérance; mais la ligne terrestre permettra probablement un tarif plus favorable encore et sera dès lors bien accueillie du public, même si elle ne lui donne pas des correspondances aussi rapides que le réseau sous-marin.

Une autre grande œuvre dont nous avons souvent entretenu nos lecteurs et qui, depuis des années, préoccupe les personnes au courant des questions télégraphiques, va probablement trouver une solution prochaine. Nous voulons parler de la traversée de l'océan Pacifique au moyen de câbles sous-marins reliant directement la côte occidentale de l'Amérique à l'Australie, à la Chine et au Japon.

Nous avons rendu compte des projets anciens dans une série d'articles publiés par ce journal (*); il nous suffira de les rappeler sommairement pour en préciser les conditions spéciales. A vrai dire, la question remonte à 1870 où Cyrus Field, l'énergique promoteur des premiers câbles transatlantiques, avait formé le projet de relier la Californie au Japon par l'Alaska. C'était évidemment une entreprise hérissée des plus graves difficultés; aussi n'y fut-il pas donné suite et il est permis de le regretter aujourd'hui, car il est probable que des fouilles pratiquées alors dans ces régions glacées, en vue de l'installation du télégraphe, eussent fait découvrir vingt ans plus tôt les gisements aurifères qui ont maintenant appelé tant de hardis explorateurs sur ce point inhospitalier du globe. Quoi qu'il en soit, l'utilité d'une communication entre les côtes américaines de l'Ouest et l'extrême Orient était dès lors indiquée et on ne devait pas tarder à y revenir par un tracé plus pratique. En 1879, des bâtiments de guerre américains ayant effectué des sondages dont les résultats étaient favorables, on songea à relier le Canada aux îles Sandwich pour, de là, rejoindre le Japon par les îles Bonin. La question resta cependant à l'état de projet et ne fut pas abandonnée un instant; les combinaisons se modifièrent suivant les circonstances, tantôt par suite de nécessités politiques, tantôt en raison des efforts de la concurrence; toujours elles tendirent au même but : franchir l'océan Pacifique au moyen de câbles télégraphiques et compléter ainsi le tour du monde au point de vue des communications électriques.

(*) Voir vol. XVIII, p. 317; vol. XIX, p. 204, 230 et 279.

En 1884 un syndicat de financiers australiens proposa l'établissement d'une communication entre Brisbane et San Francisco et obtint, paraît-il, l'appui du Gouvernement de Hawaï qui aurait promis une subvention de 100 000 francs pendant 15 ans, mais les choses en demeurèrent là, malgré une résolution favorable des colonies australiennes. C'est qu'en effet le projet visait directement une concurrence aux voies établies et avait soulevé la plus vive opposition de la part des Compagnies auxquelles appartiennent les câbles desservant actuellement l'extrême Orient. Ces dernières surent faire en temps utile les sacrifices nécessaires en posant de nouveaux câbles pour assurer d'une manière plus complète et rendre plus rapides les communications, tout en réduisant leurs tarifs afin d'enlever toute chance de bénéfices à une voie concurrente. La question du câble du Pacifique se trouva temporairement écartée en Australie et en Angleterre, mais elle ne devait pas tarder à renaître en Amérique. Le Gouvernement des États-Unis s'y intéressa, comme l'indiquent les nouveaux travaux de sondage exécutés en 1892 par des navires de guerre. On constata encore une fois que les fonds de l'Océan entre San Francisco et les îles Sandwich étaient très favorables à la pose des câbles et que les profondeurs ne dépassaient pas 3 000 brasses. L'affaire n'en resta pas moins en suspens jusqu'en 1895 où le Congrès de Washington vota un premier crédit de 2 500 000 francs pour la construction d'un câble destiné à relier ces deux points. En même temps il se constitua à New-York une Société sous le titre de « Pacific Cable C° », au capital de 50 000 000 de francs. Mais, malgré les considérations politiques et militaires que l'on invoqua devant le Parlement et

auprès du public américain, la question ne fit pas un pas de plus.

Cependant les colonies australiennes continuaient à s'en occuper au point de vue de leurs correspondances avec la métropole et les Compagnies anglaises avaient trouvé une solution qui devait leur donner satisfaction, tout en évitant la concurrence du câble du Pacifique ; de la pointe de Cornouailles un câble passant par Gibraltar, Sierra Leone, les îles de l'Ascension et Sainte-Hélène, le cap de Bonne-Espérance, l'île Maurice, l'île Rodriguez et traversant l'océan Indien pour aboutir à Perth, dans l'Australie occidentale, devait relier directement l'Australie à la Grande-Bretagne par une nouvelle voie de près de 25 000 kilomètres de longueur ne touchant qu'à des territoires britanniques. Ce nouveau projet n'était toutefois pas de nature à satisfaire à toutes les exigences du problème, car il laissait en dehors les intérêts de la grande colonie du Canada et ne tenait pas compte des aspirations des États-Unis d'Amérique.

Le Gouvernement de Washington, à la suite des événements récents, paraît avoir reconnu maintenant la nécessité d'une communication directe avec les mers de Chine ne touchant qu'à des territoires américains ou soumis à l'influence des États-Unis. La question du câble de San Francisco à Havaï a été ainsi reprise avec une nouvelle énergie, comme premier chaînon d'une ligne destinée à relier les États-Unis d'Amérique aux Carolines et aux Philippines. La Compagnie américaine du câble du Pacifique formée en 1895, comme nous l'avons dit précédemment, profitant des circonstances favorables à son entreprise, vient en effet, si nous en croyons la presse américaine, de se décider,

dans une réunion du 1[er] septembre dernier, à commencer à bref délai la construction et la pose de câbles sous-marins entre San Francisco et Honolulu et entre les îles Sandwich et le groupe des Carolines, d'où une bifurcation se dirigerait sur l'Australie, pendant que la ligne principale irait aux îles Ladrones, d'où elle se diviserait d'une part sur Manille, d'autre part sur Yokohama ou Tokio.

En même temps et pour assurer les communications en cas d'interruption de l'une ou l'autre de ces sections, un second câble partant également de San Francisco relierait les États-Unis au Japon par les îles Aléoutiennes. On prétend d'ailleurs que le Président de la Compagnie, M. Scrymser, est dès à présent en route pour le Japon où il a le projet de demander une subvention gouvernementale en échange de laquelle la correspondance officielle du Japon jouirait, pendant un certain nombre d'années, d'une gratuité complète.

Nous nous bornons à reproduire ces renseignements sous toutes réserves ; il en résulte que la question est actuellement plus près de la solution qu'elle ne l'a jamais été et l'on peut espérer que l'année 1899 ne s'écoulera pas sans un commencement d'exécution. Dans la dernière session de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, tenue à Bristol vers la fin de 1898, on a beaucoup discuté sur les difficultés techniques que peut présenter la pose d'un câble pour la traversée de l'océan Pacifique, on a parlé de profondeurs de 5 000 brasses, mais, en somme, on a reconnu que beaucoup de câbles actuellement existants ont été posés à des profondeurs de 3 000 brasses, et ont donné lieu à des réparations sur place sans qu'il se soit produit des inconvénients graves. Il est établi que tout

câble construit avec soin en vue de semblables profondeurs peut franchir l'océan Pacifique et donner un rendement d'au moins 5 mots à la minute. La communication projetée depuis tant d'années est donc possible et, au point de vue des intérêts généraux, il est indifférent qu'elle appartienne aux Américains ou aux Anglais; l'essentiel est qu'elle soit mise à la disposition du public dans les conditions normales de la Convention télégraphique internationale, qu'elle nous amène une nouvelle réduction des tarifs et nous donne en même temps de nouvelles sécurités pour les correspondances télégraphiques. L'émulation qui se manifeste en ce moment au sujet de cette grave question ne peut que servir aux progrès de la civilisation et nous entrevoyons avec satisfaction les résultats prochains de l'entreprise.

Bien que les renseignements dont nous disposons sur l'ensemble du réseau télégraphique du monde soient loin d'être complets, nous avons voulu, comme les années précédentes, donner à nos lecteurs une idée aussi exacte que possible du développement des communications électriques mises actuellement à la disposition du public sur toute la surface du globe.

Nous avons donc réuni, dans le tableau ci-dessous, les résultats qu'il nous a été possible de trouver dans les statistiques officielles établies par les Administrations de l'Union et que nous publions régulièrement dans ce journal, en y ajoutant les renseignements de source officieuse puisés dans les revues spéciales. Nous devons toutefois faire les réserves les plus expresses au sujet des indications relatives aux États qui ne font pas partie de l'Union télégraphique et à celles qui concernent les sociétés privées dont les statistiques ne

nous parviennent pas ou ne nous sont transmises que très irrégulièrement.

Les totaux de notre tableau ne sont donc pas d'une précision absolue et nous ne les donnons qu'à titre de renseignements approximatifs se rapportant aux indications que nous avons données à cette même place il y a un an.

	LONGUEUR EN KILOMÈTRES			
	DES LIGNES télégraphiques			
	des Administrations d'État et des Compagnies télégraphiques privées	des chemins de fer	des lignes téléphoniques des États et des Compagnies	Totales
LIGNES				
I. Pays soumis à la convention :				
Régime européen	788.900	289 000	272.400	1.350.300
Régime extra-européen	269.600	104.000	23.000	396.600
II. Pays non soumis à la Convention :				
Amérique du Nord. — Cie Western Union	375.000	»	»	375.000
Amérique du Nord. — Postal Telegraph Co.	30.000	»	»	30 000
Amérique du Nord. — Autres Offices	»	400.000	300.000	700.000
Amérique du Sud	25 000	15.000	5.000	45.000
Afrique, Asie et Australie	40.000	45.000	15.000	100 000
III. Compagnies des câbles sous-marins	270.000	»	»	270.000
	1.798.500	853 000	615 400	3.266.900
FILS				
I. Pays soumis à la Convention :				
Régime européen	2 581.900	1.003.100	1.372.400	4 957.400
Régime extra-européen	653.500	330.400	191.900	1 175 800
II. Pays non soumis à la Convention :				
Amérique du Nord. — Cie Western Union	1.615 000	»	»	1 615 000
Amérique du Nord. — Postal Telegraph Co	175 000	»	»	175.000
Amérique du Nord. — Autres Offices	»	1.200.000	3.500.000	4 700.000
Amérique du Sud	48 000	45 000	50 000	143.000
Afrique, Asie et Australie	120.000	135.000	40.000	295.000
III. Compagnies des câbles sous-marins	273.000	»	»	273.000
	5 466.400	2.713.500	5.154 300	13.334.200

Quant au trafic télégraphique proprement dit, il a donné, pendant l'année 1898, les résultats suivants :

Désignation du régime.	Nombre de transmissions intérieures.	internationales.	Totaux.
Pays du régime européen.	205.705.000	60.625.000	266.330.000
Pays du régime extra-européen..........	114.430.000	17 523 000	131.953.000
Totaux......	320.135.000	78.148.000	398.283.000
Les totaux de l'année 1896 s'étaient élevés à ...	290 205.000	76.470.000	366.675,000
La différence en plus pour cette période de deux ans est donc de.....	29.930.000	1.678.000	31.608.000
Augmentation moyenne par an..........	14.965.000	839.000	15.804.000

Il est bien entendu que, pour cette statistique du trafic télégraphique, nous devons faire les mêmes réserves que pour celle qui se rapporte au réseau. Nous ne possédons de renseignements absolument précis que pour les Offices qui appartiennent à l'Union télégraphique et encore manquons-nous de documents officiels pour quelques-uns d'entre eux. Nous croyons cependant que nos chiffres puisés à des sources diverses ne s'écartent que fort peu des résultats effectifs.

Les correspondances télégraphiques ont été soumises, pendant la dernière année, à certaines restrictions sur quelques points, par suite de guerre ou de mouvements insurrectionnels. Cette situation anormale n'a été que transitoire et n'a pas duré au delà des justes limites déterminées par les événements mêmes qui en ont été la cause.

Nous devons d'ailleurs reconnaître qu'au milieu des hostilités qui se sont produites, particulièrement dans

la région des Antilles et aux Philippines, les parties belligérantes ont généralement maintenu les communications télégraphiques sous-marines et n'ont fait qu'un usage modéré du droit de suspension que les articles 7 et 8 de la Convention ont formellement réservé aux États de l'Union télégraphique.

Les tarifs des correspondances internationales n'ont pas été augmentés; ils ont au contraire été réduits pour quelques relations et, particulièrement, les correspondances de presse ont bénéficié de mesures gracieuses prises par la Compagnie Brazilian Submarine Telegraph pour les relations avec le Brésil, l'Uruguay, la République Argentine, le Chili, et le Pérou; par l'Administration italienne et la Compagnie Eastern Telegraph pour les télégrammes échangés entre l'Italie et Aden ou Perim; par les Compagnies transatlantiques du Nord et Eastern Extension pour les relations entre New-York et Chicago, d'une part, les Indes britanniques et l'extrême Orient, de l'autre; par la Compagnie Direct West India Cable, pour les télégrammes transmis entre Halifax, les Bermudes, les îles Turques et la Jamaïque, etc.

La Téléphonie interurbaine et internationale a pris rapidement, dans tous les pays, un développement considérable. Même dans les États où l'exploitation des réseaux urbains a été jusqu'à présent abandonnée à l'industrie privée, les communications entre deux localités ont été généralement réservées au monopole gouvernemental. C'est une conséquence logique et indiscutable du monopole des télégraphes qui n'aurait plus aucun objet du moment où l'usage des fils téléphoniques interurbains serait laissé aux Compagnies. Ces considérations s'appliquent *a fortiori* aux lignes télé-

phoniques internationales qui ne sont établies et exploitées que par les Administrations gouvernementales. Ces lignes internationales n'en bénéficient pas moins d'une augmentation constante justifiée par des besoins de communication toujours croissants.

Les distances auxquelles les conversations téléphoniques s'échangent couramment vont aussi en augmentant : en Amérique on correspond à 3 000 kilomètres et les lignes de 2 500 kilomètres y sont nombreuses aujourd'hui, alors qu'il y a quelques années seulement on citait comme une merveille la ligne de Chicago à New-York mesurant 1 520 kilomètres. En Europe il y a d'ailleurs aussi beaucoup de lignes de 80 à 1 000 kilomètres et au-dessus ; nous pouvons citer celle de Paris à Marseille qui est de 800 kilomètres environ, celle de Berlin à Budapest qui en a 970, celle de Berlin à Memel qui en a 1 012. Une ligne Berlin-Bruxelles-Paris, dont l'établissement prochain est annoncé, dépassera encore cette dernière en longueur. Toutes ces longues lignes téléphoniques fonctionnent d'une manière très satisfaisante.

La télégraphie sans fil en est à peu près au même point qu'il y a un an ; les essais annoncés à grande distance, entre le Dôme de Saint-Paul à Londres et la Tour Eiffel à Paris n'ont pas eu lieu, que nous sachions. Tout au plus a-t-on fait des expériences de télégraphie hertzienne à Paris, entre cette même Tour Eiffel et le Panthéon, ce qui n'équivaut pas à la traversée de la Manche, et ne prouve pas que ce mode de communication présente actuellement une utilité sérieuse.

Par contre on a tenté de trouver dans l'emploi des oscillations électriques la solution du problème, très intéressant aussi, de la multicommunication en télé-

graphie. Il ne faut cependant attacher qu'une importance relative à des expériences qui n'ont été faites qu'à une distance de 170 mètres, et, comme la télégraphie multiple existe et fonctionne admirablement par d'autres moyens, nous pensons que les essais dont il s'agit resteront à l'état de savantes recherches et ne visent pas, quant à présent, un résultat pratique de nature à améliorer le service télégraphique.

LES TÉLÉGRAPHES EN CHINE (*)

Lorsque nous arrivâmes pour la première fois dans l'Empire du Milieu, en novembre 1872, on n'y connaissait pas encore l'usage de la télégraphie électrique. Dès l'année 1865 cependant, la Russie, qui possédait, depuis quelque temps déjà, une légation à Pékin, avait invité le gouvernement chinois à conclure une convention avec les représentants des réseaux télégraphiques de Sibérie et à construire une ligne entre Tientsin et Kiahkta. On n'aurait en effet jamais osé, à cette date, proposer aux Célestes de troubler les influences géomantiques, autrement dit le Fong-Choui (vent et eau), de la capitale de l'Empire, en faisant passer le fil télégraphique par-dessus les murs sacrés de Chounetiène-fou, le nom administratif de Pékin.

Les membres du Tsoung-li-yamen de l'époque repoussèrent avec indignation les propositions de l'envoyé du Tsar. La Russie, tenant cependant à relier la Chine avec Saint-Pétersbourg, tourna la difficulté. Ne pouvant arriver à poser une ligne aérienne sur le sol du Céleste Empire, elle s'entendit en 1869 avec la fameuse Compagnie danoise *Det Store Nordisk Telegraph-Selskab*, des Télégraphes du Nord, à Copenhague. Celle-ci obtint une concession du gouvernement russe pour la pose et l'exploitation d'un câble sous-marin reliant le système des Télégraphes de Sibérie à Vladivostok, avec les ports ouverts de Nagasaki, Changhaï, Fou-tchéou, Amoy et devant se relier enfin à Hong-

(*) *Questions diplomatiques et coloniales*, t. III, 15 janvier et 1er février 1899.

Kong avec les câbles que la « Eastern Extension Telegraph Company » de Londres y avait amenés en 1871 par la mer Rouge, Bombay, l'océan Indien, Singapore et Saïgon. Les gouvernements chinois et japonais donnèrent les autorisations nécessaires pour l'atterrissage des câbles ; quant à la Russie, elle accorda à la Compagnie danoise, comme compensation aux frais d'installation, certaines garanties contre les compétitions de tarif que pourrait lui causer plus tard l'établissement de lignes aériennes sur le territoire chinois.

Ce ne fut qu'en 1884 que les Chinois, cédant aux instances de leurs conseillers étrangers, se décidèrent à construire entre Tientsin et Changhaï la première ligne télégraphique terrestre avec l'aide des ingénieurs danois fournis par la « Great Northern Telegraph Company », nom sous lequel la Compagnie danoise est plus généralement connue en Extrême Orient. Le 22 août 1884, le télégraphe atteignait enfin les murs de Pékin, relié à Changhaï par une voie aérienne traversant la province de Kiang-sou, du Chan-toung et du Tchili, en suivant le grand canal impérial de Chinkiang à Tientsin, puis les bords du Pei-ho de ce point à Pékin. Au début, on eut la plus grande peine à entretenir la ligne. Les habitants, sous prétexte que l'ombre des poteaux et même du fil, portant sur les tombeaux, gênait le repos de leurs ancêtres, arrachèrent les uns et coupèrent l'autre.

Les poteaux, venus à grands frais du Japon, furent employés comme bois de chauffage surtout dans la traversée de la grande plaine où les arbres manquent complètement en dehors des cimetières. Le fil servit à fabriquer des clous. On ne put arrêter cette destruction qu'en affichant sur chaque poteau un décret de l'em-

pereur menaçant de la décapitation immédiate tout individu convaincu d'avoir porté une main destructive sur le télégraphe, ou le « fil qui porte la foudre », comme ils l'appellent.

La guerre de la France contre la Chine en 1884 donna une impulsion considérable à la construction des lignes télégraphiques dans l'intérieur de l'empire. On relia alors aussi rapidement que possible les frontières du Tonkin avec Changhaï et nous vîmes construire laligne le long du Yang-tze-Kiang jusqu'à Hankéou, où nous apprîmes par le télégraphe la victoire de l'amiral Courbet à Fou-tchéou. Les nouvelles que le gouvernement put recevoir alors continuellement du théâtre de la guerre lui ayant montré l'utilité des lignes télégraphiques, on en poursuivit la construction avec autant d'ardeur qu'on y avait mis autrefois d'opposition.

En 1887, les lignes aériennes des télégraphes chinois atteignaient la frontière de Sibérie et le gouvernement de l'empereur Kouang-sü invitait l'empire russe à relier ses télégraphes sibériens avec le réseau chinois. La Russie ne demandait pas mieux; mais, comme elle était liée par un contrat avec la grande Compagnie danoise des Télégraphes du Nord, elle dut entrer en arrangements avec celle-ci au sujet des monopoles qu'elle lui avait garantis lors de l'exécution des lignes sous-marines et les pourparlers n'aboutirent que le 25 août 1892.

En attendant, la paix avait été signée entre la France et la Chine en 1885 et les nouvelles amies se tendaient la main par-dessus les frontières tonkinoises, le réseau télégraphique français au Tonkin ayant été relié au réseau chinois au Yunnan entre Meng-tze

et Lao-Kaï; au Kouang-si entre Loung-tchéou et Lang-son. De plus, la France et la Chine signaient une convention télégraphique concernant les tarifs en 1888. Elle expire en 1902. Elle est copiée en partie sur la convention signée en 1883 entre la Chine et la Compagnie danoise et qui expire en 1903. Ceci facilita beaucoup les négociations avec la Russie qui réussit enfin à signer un contrat avec la Chine le 25 août 1892. Ce contrat est valable pour dix ans de façon que son échéance coïncide avec celle des contrats avec la France, avec la Compagnie danoise pour l'atterrissage de ses câbles; et aussi avec la Compagnie Eastern Extension Telegraph Company qui en 1883 amena à Amoy, à Sharp Peak près Fou-tchéou et à Changhaï l'extrémité de ses câbles sous-marins de Hong-Kong, créant une concurrence à la Compagnie danoise avec laquelle elle dut entrer en arrangements pour l'application commune des tarifs. Ces règlements, après de longs pourparlers et une lutte assez vive, dont tous les journaux étrangers de Chine étaient alors remplis, furent enfin sanctionnés par le Tsoung-li-yamen et les ministres d'Angleterre et de Danemark à Pékin, en 1883. Ils sont conclus pour vingt ans de façon à en faire coïncider aussi l'échéance avec celle des contrats qui assurent le monopole des lignes japonaises à la grande Compagnie des Télégraphes du Nord jusqu'en 1903. La convention russo-chinoise a permis à la Chine de se relier aux télégraphes russes en trois endroits de la frontière, savoir : Wen-chuen avec Novokievsk; Hélam-po avec Blagovietchensk et Hunchun avec Novogorodskaïa en 1895 (*). La liaison de

(*) La même année a eu lieu la jonction des lignes de l'Inde anglaise

Pékin par Maï-maï-tcheng avec Kiahkta est en projet.

Le prix de transmission d'une station quelconque de Chine par les deux jonctions existantes est fixé comme suit pour le mot : pour l'Europe (excepté la Russie), 2 dollars ; pour la Russie d'Europe, 1,12 dollar ; pour la Russie d'Asie, 0,88 dollar.

Il est d'ailleurs stipulé que ces prix seront diminués au cas où d'autres lignes établiraient un tarif moindre. Il est aussi convenu que les deux parties contractantes auront le pouvoir de modifier les tarifs par accord commun. Enfin les règlements de la convention télégraphique internationale seront appliqués aux correspondances passant par les points de jonction. Les prix de transmission par les lignes aériennes russo-chinoises sont considérablement moins élevés que ceux payés pour les dépêches passant par les câbles de Changhaï à Vladivostok *via* Nagasaki. Le tableau suivant montre la différence en moins par mot de divers points de la Chine comparée avec les prix existants pour les câbles en question (valeur en dollars mexicains) :

POINTS DE DÉPART EN CHINE	DE CHINE EN RUSSIE		DE CHINE en Europe et en Amérique
	d'Europe	d'Asie	
	$	$	$
De Changhaï, De Fou-tchéou, D'Amoy	0,63	0,62	0,52
De Séoul	1,15	1,14	0,40
De Pékin	1,03	1,02	0,40
De Niéou-tchouang	0,95	0,94	0,32
De Tientsin	0,93	0,92	0,30
De Tchéfou	0,93	0,92	0,30
De Hankéou	0,91	0,90	0,28

avec la Chine par l'achèvement du tronçon frontière entre Bahmo et Teng-yueh allant de Ly à Yun-nan-fou.

La convention télégraphique russo-chinoise, comme le dit fort bien le journal anglo-chinois « London and China telegraph » du 31 décembre 1892, est un pas décisif dans le sens du développement et de la facilité des relations télégraphiques internationales. L'administration des télégraphes chinois emploie fort justement et intelligemment l'augmentation des revenus, que lui amènent ces nouvelles jonctions, à la construction d'une nouvelle ligne internationale de 3000 *li* (environ 300 lieues) de longueur sur Kiakhta. Celle-ci donnera une route nouvelle et fort utile entre la Chine et l'Europe. Elle amènera en même temps une diminution notable des tarifs de 1892, autant du moins que le permettront les contrats actuellement en vigueur.

Il n'y a donc pas lieu, comme l'ajoute le journal cité ci-dessus, à se plaindre ou à protester au sujet de la convention en question.

En 1892, l'Angleterre n'était pas encore rejointe au réseau aérien chinois. La carte de la Compagnie des Télégraphes du Nord pour 1894 montre Bahmo en Birmanie relié à Yun-nan-fou, la capitale du Yun-nan, par la ville frontière de Momein à Teng-yueh, point extrême des télégraphes chinois, au Yun-nan occidental sur la carte officielle du *Telegraphic system of China* éditée par le gouvernement chinois, en novembre 1890, avec l'aide de l'imprimerie de la mission des Pères Jésuites de Tou-ssé-vé près Changhaï. Il est donc probable que la jonction, dont nous n'avons pu retrouver la date, s'est faite en 1893.

En décembre 1892, l'administration des télégraphes chinois, qui ne comptait encore que onze ans d'existence, avait poussé si activement ses lignes, grâce à l'énergie de son directeur général Shang-tao-taï, qu'elle

accusait dans ses statistiques un réseau de 42 000 *li* avec 58 000 li de fils s'étendant à cent soixante et onze villes différentes. Formose, les Pescadores et Haïnan étaient déjà à cette époque reliées au réseau continental au moyen de câbles sous-marins, propriété du gouvernement chinois, mais posés par le vapeur spécial de la Compagnie danoise l'*Oersted*. La Chine possédait donc un réseau qui, s'étendant de la pointe sud de Haïnan au Hei-loung-Kiang au nord et de Changhaï à Teng-yueh à la frontière du Yun-nan à l'ouest, possède un plus grand développement que la ligne de Norvège en Sicile jointe à celle de Lisbonne au Caucase.

En 1893, la ligne de Kan-sou a été prolongée jusqu'à Ili, à l'extrémité occidentale la plus éloignée de l'empire chinois.

En 1894, les lignes du Tchili, passant par Niéoutchouang, pénétrèrent en Corée par la ville frontière de Weï-tjiou, et les Japonais joignirent ce point à l'extrémité sud de la Corée à Fousan, en passant par Séoul, mettant ainsi la Chine en communication nouvelle avec le Japon, par le câble allant de Fousan à Nagasaki par les îles Toushima.

La dernière liste des stations des télégraphes impériaux de la Chine parue en août 1897, et qui nous a été fort aimablement communiquée par la grande Compagnie des Télégraphes du Nord, ne renferme pas moins de 239 noms de villes desservies. C'est donc 68 de plus qu'en novembre 1890, date de la première liste officielle.

Voyons maintenant comment fonctionne l'administration des télégraphes chinois. Elle est essentiellement gouvernementale et sous la direction de Sheng-tao-taï. Les lignes ont été établies avec l'aide des ingénieurs

danois de la Compagnie plus connue en Chine par son nom anglais, Great Northern Telegraph Compagny, que par son nom danois déjà cité. Ils relevèrent le tracé et dirigèrent la construction faite entièrement avec l'aide de la main-d'œuvre indigène. Les employés sont des Chinois parlant quelquefois l'anglais, la langue officielle de l'administration, instruits par des télégraphistes danois, dont quelques-uns sont fixés à l'intérieur, aux points les plus importants. C'est ainsi que M. Jensen demeure à Yun-nan-fou, la capitale de la province du Yun-nan depuis 1887, et y est chargé de l'administration technique. Les poteaux sont, comme nous l'avons déjà dit, en bois, aussi ne durent-ils guère plus de deux ans dans les provinces tropicales de la Chine méridionale où les pluies d'été sont aussi fréquentes qu'abondantes. Les poteaux, pourris par le pied, tombent souvent, et, entraînant le fil à terre, le courant passe par le sol et les communications sont interrompues. Dans le Yun-nan les habitants s'amusent aussi à casser à coups de pierre les isolateurs en porcelaine, tout comme nos gamins le font dans nos campagnes. Un correspondant du « Cosmos » qui signe J.-E., sans doute un missionnaire catholique français, écrit à cette revue en date du Yun-nan-seu, 15 juin 1898, qu'il a vu, sur une longue distance de la route qu'il suivait, tous les isolateurs ainsi détériorés.

Souvent même ils manquaient complètement, et le fil reposait sur le support recourbé en fer. « Dans ce cas, le poteau en bois, mauvais conducteur de l'électricité, isole encore suffisamment le courant. Mais supposez des poteaux en fer, dont le pied, en communication intime avec le sol, forme une excellente dérivation. Vous voyez d'ici le résultat! C'est ce qui a fait

renoncer à l'emploi du fer, du moins provisoirement. Une fois les Chinois plus habitués ou mieux surveillés, ne brisant plus les isolateurs, l'usage des poteaux métalliques sera réalisable. Quelqu'un proposait de percher sur chaque poteau un petit poussah qui tiendrait les Chinois dans une réserve respectueuse. L'idée est à creuser. » Nous pensons que l'édit impérial, qui a déjà fait si bon office dans le Nord, remplirait au moins aussi bien le but, surtout si l'on rendait responsables toutes les autorités civiles du pays depuis le *fou-taï* ou gouverneur jusqu'au *ti-pao*, simple chef du village.

On a éprouvé au début une très grande difficulté pour transmettre par télégraphe des dépêches en chinois. On sait, en effet, que loin de se réduire à vingt-quatre lettres comme la nôtre ou même à vingt et une comme la langue écrite coréenne, l'écriture chinoise ne compte pas moins de 44 000 caractères idéographiques, que seuls les télégraphes imprimant et dessinant, du genre imaginé par Caselli, auraient pu transmettre sans erreur. Mais, comme les appareils dessinant ou autographiant sont très délicats et aussi fort dispendieux, il a fallu chercher un moyen pratique de se servir du système Morse à signaux linéaires. La difficulté a été vaincue, grâce à l'idée ingénieuse d'un de nos anciens collègues des douanes impériales maritimes chinoises, le capitaine de port de Changhaï, M. Viguier. Il composa un véritable code télégraphique avec les 8 000 principaux idéogrammes du dictionnaire dit de l'empereur Kiang-hsi qui est un ouvrage classique en Chine et fait autorité. A chacun de ces caractères fut attribué un nombre en quatres chiffres que l'on transmet par le télégraphe. Un message

devient ainsi facile à expédier et il a comme les dépêches des gouvernements l'avantage de n'être lisible que pour celui qui possède ce qu'en terme technique on appelle le chiffre qui est ici le code. Comme cela demande un travail soigneux de la part de l'employé du télégraphe, auquel l'expéditeur et le destinataire doivent s'en remettre pour la traduction de la dépêche en code, et inversement en clair, ledit employé en profite pour exiger des clients une légère commission qui varie, naturellement, suivant la position de l'expéditeur ou du destinataire et qui ne descend guère au-dessous d'un dixième du tarif par mot.

Le tarif officiel d'août 1897 est établi d'après la distance à partir de Changhaï ou de Chiamdo. Le minimum est de 20 cents de dollar par mot, pour le point le plus voisin par exemple Fou-tchéou à quelques milles, et le maximum est de 56 cents pour les points extrêmes comme Ili et Kashgar. Ces chiffres s'appliquent aux dépêches en langues européennes, car un message en langue chinoise jouit du privilège du demi-tarif, au moins dans le Yun-nan.

Malgré cette diminution de prix, les Chinois de cette province usent peu du télégraphe et le bureau de Yunnan-seu, d'après le correspondant du *Cosmos*, n'encaisse en moyenne que 6 à 700 piastres par mois. Pour les autres bureaux de cette province, si l'on en excepte peut-être Mong-tse, qui, comme l'on sait, est un point ouvert au commerce étranger et où la France possède un consul, les recettes ne couvrent pas les dépenses. Sur la côte et le long du Yang-tze-Kiang, où les transactions commerciales sont très actives, les bureaux du télégraphe chinois font, dit-on, de belles recettes. Elles doivent être d'autant plus sérieuses,

que le taux du change est plus élevé, les payements se faisant en argent.

Les employés chinois sont assez négligents, et les télégrammes subissent souvent entre leurs mains des modifications extraordinaires. Nombreuses sont les histoires que l'on raconte sur ce sujet; qu'on nous permette de citer seulement la suivante, que nous tenons de la bouche même d'un de nos amis de Chin-kiang.

Pendant l'hiver de 1888, le supérieur de la mission du Kiang-nan, le père Sédille était allé visiter une chrétienté éloignée du district de Lou-ngan-fou dans le Ngan-hoei. Bloqué dans sa barque, dans un coin du lac Tchao, pris tout à coup par les glaces et aussi par une abondante chute de neige qui rendit toutes les routes impraticables, on fut pendant près de quarante jours sans aucunes nouvelles du missionnaire. Sitôt le dégel arrivé, il se précipita au bureau télégraphique de Wou-hou, la ville la plus voisine, et annonça au curé de Chin-kiang qu'il arriverait le lendemain. L'employé du télégraphe ayant à mettre en chiffres le texte chinois de la dépêche, prit un caractère pour un autre et du nom chinois Sé du Père fit Se, dont la signification est cadavre, de sorte que l'on apprit avec tristesse à Chin-kiang que le cadavre du Père Sédille arrivait le lendemain. On fit aussitôt tendre l'église, préparer la fosse, et l'on invita au service funèbre du supérieur tous les résidents étrangers et les chrétiens.

Le lendemain matin, le Père Sédille arrivait à Chin-kiang; sa première visite fut pour l'église, puis pour le curé auquel il demanda naturellement avant tout, pour qui était le superbe service préparé. Le curé reconnaissant à peine le Père Sédille amaigri par un carême forcé et les souffrances d'un hivernage de plus

d'un grand mois dans sa mauvaise barque, au milieu des glaces et d'une population hostile, crut tout d'abord voir un revenant et finit en riant par lui annoncer que c'était lui-même qu'on allait enterrer dans deux heures. On n'eut que juste le temps de décommander les invitations et de remplacer le service funèbre par des prières d'action de grâces.

Cette année même, le fameux réformateur chinois Kang-yueïw, fuyant Pékin, où l'on avait mis sa tête à prix, faillit être arrêté à Tchéfou où l'on avait télégraphié au Tao-taï de s'assurer de sa personne. Cette fois le télégramme était parfaitement transmis. Mais le gouverneur du circuit de Tché-fou avait à se rendre à Kiao-tchéou. Sachant qu'il n'y a pas de secrets pour les domestiques d'un mandarin et craignant qu'on avertît l'intéressé, il mit la dépêche dans sa botte et l'emporta avec lui à Kiao-tchéou à plusieurs jours au sud.

Quand il revint à son poste, il apprit avec terreur que Kang-yueïw était descendu à terre, s'était promené sans crainte dans la ville où il avait même fait quelques achats, se doutant peu qu'il devait la vie à la crainte du Tao-taï pour les indiscrétions. Celui-ci s'était sans doute rappelé que, pendant la guerre sino-japonaise, les employés des yâmens avaient vendu aux Japonais les dépêches du gouvernement chinois concernant les mouvements des troupes. Il n'y aura vraiment de bon service télégraphique en Chine que quand il sera dans les mains d'une nation européenne, tout comme les douanes impériales.

A.-A. FAUVEL.
Ancien officier des douanes chinoises.

RÉSISTANCE ELECTRIQUE

AU CONTACT DE DEUX DISQUES

D'UN MÊME MÉTAL (*)

Les expériences que j'ai réalisées en 1890 et 1891 (*Bulletin de la Société française de physique*, avril 1891) sur la conductibilité qu'acquièrent les limailles métalliques, sous l'influence des étincelles électriques à distance, ont provoqué diverses interprétations. Le plus souvent c'est à une orientation et à un enchaînement des particules que la conductibilité a été attribuée, et le choc ne rétablissait alors la résistance qu'en rompant un alignement. Les résultats que j'avais obtenus soit avec des mélanges comprimés, soit avec des agglomérés solides de limailles et d'isolants, ne me permettaient pas de m'arrêter à cette explication. Pour la combattre, je variai les recherches et je fus amené à reconnaître de nouveaux faits. Les plus démonstratifs appartenant à un groupe d'essais récents, ils ont l'avantage de ne plus se rapporter à de fines particules conductrices, mais à des plaques épaisses de large surface.

Je forme une colonne ayant l'aspect extérieur d'une pile à colonnes de Volta. Elle comprend quarante-cinq disques de 35 millimètres de diamètre et de 6 milli-

(*) *Journal de physique*, 3e série, t. VIII, janvier 1899.

mètres d'épaisseur; ils sont percés en leur centre d'une ouverture de 1 centimètre de diamètre, qui permet de les superposer régulièrement en les enfilant dans une tige d'ébonite verticale qui leur sert de guide. Ils ont été soigneusement dressés et nettoyés. La colonne ainsi formée est intercalée dans l'une des branches d'un pont de Wheatstone, et l'on mesure sa résistance. Cette résistance, quand elle existe, diminue beaucoup lorsque la pression de surcharge est forte. Je ne citerai que des essais effectués avec des pressions faibles, afin de rendre les résultats plus frappants. Pour éviter les longueurs, je ne décrirai en détail que des expériences faites avec l'aluminium.

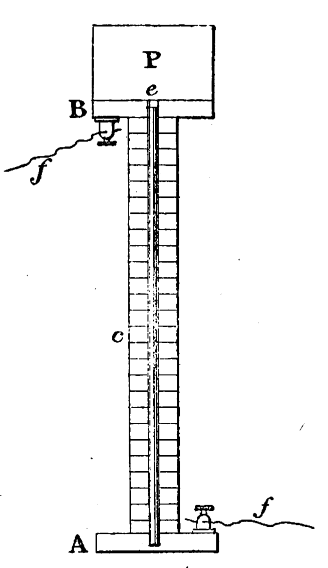
La colonne est formée de disques d'aluminium fraîchement frottés au papier d'émeri fin sur un large plan métallique et essuyés soigneusement avec un chiffon pour faire disparaître toute poussière. 1° Ces disques sont superposés très doucement, de façon à éviter *autant que possible* les chocs; 2° les fils sont enlevés et replacés. Cette fois, après avoir introduit l'ouverture d'un disque dans la tige d'ébonite, on le laisse tomber à plat de la hauteur libre sur les disques déjà placés, de façon à produire un choc. Ce choc s'affaiblit à mesure que la colonne s'élève.

Les disques d'aluminium, nettoyés et essuyés, sont superposés très doucement. On les surmonte d'une surcharge de $2^{kg},600$ pour assurer le contact. La résistance observée pour la colonne des quarante-cinq disques est $1^{\omega},4$, déduction faite de la faible résistance des fils de communication (la résistance de la colonne a été plusieurs fois trouvée inférieure à 1 ohm). Les disques sont enlevés; on reforme la colonne en laissant tomber les disques le long de l'axe d'ébonite; on

trouve alors une résistance de 40 ohms; après vingt-quatre heures de repos, elle était encore de 19 ohms.

Le lendemain, sans nettoyer de nouveau les disques, on les superpose doucement en les surmontant de la même surcharge de $2^{kg},600$; la résistance est de $2^{\omega},2$. On les laisse tomber avec chocs le long de l'axe d'ébonite; la résistance trouvée est 215 ohms.

Avec une surcharge de 18 kilogrammes, on a eu $0^{\omega},5$ sans chocs et $5^{\omega},1$ avec chocs. On reforme la même pile en laissant tomber les disques avec chocs. La surcharge étant de $2^{kg},96$, la résistance trouvée est 216 ohms; elle tombe à 165 ohms après une heure, et elle est encore de 86 ohms après vingt-quatre heures. On termine en faisant passer dans la colonne l'étincelle directe d'un radiateur de Righi; la résistance tombe à $0^{\omega},5$. On démonte encore la colonne et on la reforme immédiatement avec chocs; résistance 190 ohms.



A et B, disques terminaux plus larges portant les fils de communication *f*;
c, disques intermédiaires;
e, axe central d'ébonite, vissé dans le disque inférieur, traversant librement les autres disques;
P, surcharge surmontant la colonne.

Il ne paraît pas qu'il puisse être ici question d'une orientation de molécules obtenue par une simple application douce et dont le choc romprait les liaisons.

Notons encore qu'il suffirait, pour que la résistance

fût nulle, que des surfaces en regard extrêmement petites fussent en contact parfait. Il semble que les disques sont maintenus écartés par des atmosphères superficielles qui s'opposent à leur adhérence.

Le bismuth, le fer et d'autres métaux se comportent comme l'aluminium. Pour certains métaux et alliages qui sont précisément ceux qui servent habituellement dans les mesures électriques : cuivre, zinc, laiton, argent, maillechort, on n'observe rien de semblable, la résistance de la colonne est nulle ou extraordinairement faible, avant comme après les chocs. Pour que la comparaison avec l'aluminium fût admissible, je n'employais avec les métaux lourds du dernier groupe (cuivre..., maillechort) qu'une très faible surcharge (quelquefois nulle), calculée de telle sorte que le poids total des disques et de leur surcharge fût égale à la somme des poids des disques d'aluminium et de leur surcharge. Avec le bismuth et le fer, la surcharge n'a jamais été prise inférieure à $2^{kg},600$.

Sans insister ici sur la diversité des effets qui dépend de la nature des métaux(*), je crois utile d'appeler l'attention sur la façon différente dont l'étincelle électrique agit dans le cas des disques et dans le cas des limailles.

Avec les disques, les étincelles, en éclatant à distance, ne déterminent qu'une très faible diminution de la résistance ; la disparition de la résistance n'avait lieu que par contact direct avec une petite bouteille de Leyde chargée ou avec un radiateur de Hertz ou de Righi en activité. Cela ne veut pas dire que les

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 22 avril 1895 et 24 juillet 1898.

phénomènes actuels ne se rattachent pas à celui des limailles; mais, en raison de la large surface des disques, la densité des courants induits qui traversent la colonne est ici beaucoup plus faible qu'avec des tubes à limailles. Il est probable que la différence des effets dépend de cette différence de densité. On sait, d'ailleurs, que la sensibilité des tubes à limaille augmente quand leur section diminue.



UNE ENVELOPPE MÉTALLIQUE

NE SE LAISSE PAS TRAVERSER PAR LES OSCILLATIONS HERTZIENNES (*)

Le rôle des enveloppes métalliques varie avec la nature du phénomène électrique.

L'expérience du conducteur creux de Faraday démontre qu'une influence électrostatique, si forte qu'elle soit, ne s'exerce pas sur un électroscope enfermé dans une cage de métal. Au contraire, l'induction galvanique, comme l'induction magnétique, traverse une enveloppe métallique.

Les métaux sont-ils transparents, au moins à un faible degré, pour les oscillations hertziennes ? Pour s'en assurer, il ne suffit pas d'interposer entre un radiateur et un récepteur une feuille métallique, même très large ; car, si le récepteur est sensible, comme le sont mes tubes à limaille, il est vivement impressionné. Dans mes expériences de 1890 et 1891, j'avais trouvé (**) que la conductibilité d'un tube à limaille ne se produisait plus par les radiations électriques à distance, si le tube était enfermé avec son circuit dans une enceinte métallique bien close. Mais, en opérant

(*) *Journal de physique*, 3e série, t. VIII, janvier 1899.
(**) *Bulletin de la Société française de physique*, avril 1891.

avec des tubes extrêmement sensibles et une très forte radiation, j'avais été conduit à ajouter dans un travail ultérieur (*) qu'une double enveloppe métallique pouvait être nécessaire. Dans son remarquable mémoire « sur les radiations hertziennes », M. le professeur Bose avait reconnu de son côté, en 1895, qu'une double enveloppe métallique n'était même pas toujours suffisante. On pouvait penser, d'après cela, à un rôle de l'épaisseur de la cage en métal. J'ai réussi à démontrer, au commencement de cette année (**), *que les oscillations hertziennes sont complètement arrêtées, même par une enveloppe métallique très mince, si celle-ci est hermétiquement close.*

Expérience (***). — Une boîte en bois (dimensions : 38, 42, 53 centimètres) a été tapissée intérieurement d'étain en feuilles très minces (leur épaisseur était inférieure à 8 millièmes de millimètre, notablement moindre, par conséquent, que $\frac{1}{100}$ de millimètre) ; ces feuilles, en raison de leur minceur, présentaient çà et là de très petits trous visibles par transparence. Dans la boîte prirent place un élément de pile dont le circuit comprenait un tube à limaille et un galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Un index solidaire du cadre mobile déterminait, au moment de la déviation, la fermeture du circuit d'une sonnerie, dont le fonctionnement prévenait ainsi de la conductibilité du radio-conducteur. La boîte était fermée sur une de

(*) *Lumière électrique*, juin 1891.

(**) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 4 juillet 1898.

(***) Les expériences ont été faites en collaboration avec M. le Dr Gustave Le Bon.

ses faces par une porte recouverte intérieurement d'étain ; cette porte était bien ajustée sur les bords de la boîte et maintenue rigoureusement appliquée par des écrous. Le tube à limaille employé était assez sensible pour devenir conducteur à une distance d'environ 100 mètres à l'air libre (sans communication avec le sol et sans tige verticale) par les décharges d'un radiateur de Righi dans l'huile, actionné par une bobine moyenne d'induction à interrupteur rapide. La boîte étant fermée et le même radiateur fonctionnant à quelques centimètres des parois, la sonnerie restait silencieuse, même avec des décharges longtemps prolongées. Elle se faisait entendre à la moindre étincelle, si l'on desserrait un peu les fermetures de la porte. Un certain jour, une fissure linéaire extrêmement fine s'étant produite dans la feuille d'étain intérieure par le jeu du bois de la caisse, la sonnerie se fit entendre à toute étincelle; l'accident soigneusement réparé, la sonnerie ne parla plus.

Il me paraît intéressant de citer encore une variante de l'expérience précédente. La porte qui fermait la boîte sur une de ses faces fut remplacée par une feuille de métal assez épaisse pour qu'on pût y souder perpendiculairement et en son milieu une tige de laiton qui pénétrait de 30 centimètres environ à l'intérieur de la cage et qui sortait au dehors d'une longueur égale. Le circuit du tube à limaille, contenu comme antérieurement dans la cage, ayant été relié directement à la portion intérieure de la tige de laiton, on mit en communication la portion extérieure avec les boules du radiateur en activité, le tube à limaille ne présenta aucune conductibilité. Aucune des oscillations électriques ne parcourait donc la portion.

intérieure de la tige, comme si elle avait cessé d'être en prolongement de la partie extérieure ; la paroi de la cage formait écran.

Le radiateur, la bobine et les accumulateurs furent à leur tour enfermés dans une boîte métallique, et il n'y eut encore aucune action sur le tube à limaille placé au dehors et à proximité avec sa pile et son galvanomètre.

Il était naturel de chercher si une enveloppe en toile métallique préserve des oscillations hertziennes aussi bien que de l'influence électrostatique. Le radiateur des expériences précédentes étant très voisin de l'enveloppe, la protection était complète lorsque la face de la boîte exposée au radiateur était couverte avec une toile ayant deux cents mailles par 27 millimètres de longueur, les mailles offrant sur les autres faces des ouvertures de 1 millimètre carré.

Les essais préliminaires m'ont montré que le passage des oscillations hertziennes est infiniment plus facile à travers des fentes longues, même très fines, qu'à travers des ouvertures rondes ou carrées de surface incomparablement supérieures ; en outre, la longueur et la direction des fentes jouent un rôle important.

Ces dernières expériences ne sont pas, pour la plupart, entièrement nouvelles ; mais comme elles ont été effectuées avec des radio-conducteurs contenus dans une boîte métallique entièrement close, elles offrent, sur les expériences antérieures analogues, l'avantage de pouvoir être réalisées rigoureusement, même avec un récepteur extrêmement sensible, tandis qu'en se contentant d'interposer entre un radiateur et un récepteur une plaque métallique percée d'une

fente l'influence de la longueur et de la direction des fentes cesse de pouvoir être établie, si le récepteur est très sensible.

Des feuilles d'étain ont été successivement et très exactement ajustées dans la porte de la caisse métallique; le radiateur était disposé en regard de la porte, l'axe du radiateur (ligne des trois étincelles) fut placé horizontalement. Je vais citer les distances (en mètres) du radiateur à la porte, auxquelles le radiateur cessa d'agir sur le tube à limaille intérieur.

Comparaison des fentes et des ouvertures. — On employa : 1° une feuille A offrant cent ouvertures rondes de $0^m,01$ de diamètre, équidistantes (surface ouverte, 80 centimètres carrés); une feuille B, avec vingt ouvertures carrées de $0^m,02$ de côté (surface ouverte, 80 centimètres carrés); une feuille G n'ayant qu'une seule fente horizontale de $0^m,20$ de longueur et 1 millimètre de largeur (surface ouverte, 2 centimètres carrés). Les distances auxquelles le radiateur cessa de déterminer la conductibilité furent avec

A	B	G
$0^m,55$	$1^m,50$	$5^m,00$

Bien que la surface d'entrée fût beaucoup plus grande avec A et B, le passage des ondes électriques s'y faisait moins aisément que par la fente G.

Fentes horizontales et verticales. — On employa : 1° une fente horizontale E de 12 centimètres de longueur et 1 millimètre de largeur, une fente verticale E' identique; 2° une fente horizontale F de 16 centimètres de longueur, 1 millimètre de largeur, une fente

verticale F′ identique. Voici quelles furent les distances auxquelles le radiateur cessa d'agir :

Avec	E	E′
	$0^m,50$	$3^m,00$
Avec	F	F′
	$2^m,00$	$16^m,00$

On voit ainsi que la radiation électrique traverse beaucoup plus facilement une fente perpendiculaire à l'axe du radiateur qu'une fente parallèle.

Une fente verticale très fine, tracée avec le tranchant d'un rasoir, fut également traversée avec une facilité beaucoup plus grande qu'une fente horizontale de même longueur et obtenue par le même procédé.

Voici enfin une expérience réalisée avec un système de deux fentes horizontales ayant chacune 10 centimètres de longueur et 1 millimètre de largeur en prolongement, et séparées par un intervalle d'étain de $0^{mm},5$. Le radiateur cessa d'agir sur cet ensemble des deux fentes à 2 mètres. En coupant le pont d'étain d'un demi-millimètre, qui sépare les deux parties de H, on passa de 2 mètres à $5^m,50$, ce qui montre l'importance de la continuité de la longueur ouverte.

J'ajoute, en terminant, que l'usage d'une enveloppe métallique à fente est commode dans un laboratoire pour l'essai comparatif de la sensibilité des divers radio-conducteurs.

Édouard Branly.

LA LAMPE NERNST (*)



La lampe à incandescence en vase clos, dont la réalisation industrielle remonte à peine à une vingtaine d'années, semble avoir atteint aujourd'hui l'extrême limite des progrès dont elle est susceptible : en 1881, elle coûtait 20 francs et consommait 7 watts par bougie ; aujourd'hui elle ne consomme plus que 3,5 et même 3 watts par bougie et coûte 64 centimes au détail, 60 centimes en gros. Sous réserve d'une nouvelle découverte, toujours possible dans l'état actuel de la science et de l'industrie, on ne peut plus réaliser aujourd'hui que des progrès insignifiants dans les sentiers battus et rebattus de l'incandescence du charbon dans le vide et en vase clos ; aussi n'est-il pas étonnant que des chercheurs, dont on ne saurait trop encourager les travaux, s'engagent sur des voies moins frayées, à peine indiquées par des pionniers moins favorisés par l'époque ou les circonstances. L'une de ces voies est celle de l'incandescence à l'air libre par le passage d'un courant électrique à travers une substance réfractaire, isolante à froid, et rendue médiocrement conductrice par une élévation de température. Les premiers travaux datent de 1877, et les premières lampes à incandescence de kaolin figurèrent à l'Exposition universelle de 1878, dans le pavillon consacré aux expériences de Jablochkoff.

(*) *L'Industrie électrique*, 25 février 1899.

Voici comment Th. du Moncel, dans la troisième édition de son livre *Éclairage électrique* (tome II, page 57) paru en 1883, rend compte de ces expériences :

LUMIÈRE PRODUITE PAR L'INTERMÉDIAIRE DE CORPS DE MAUVAISE CONDUCTIBILITÉ.

Il y a quelques années, vers 1877, M. Jablochkoff attira l'attention des savants sur un effet lumineux qui se produit sur certains corps mauvais conducteurs, tels que le kaolin, quand on excite sur eux l'étincelle d'un courant de grande tension. Avec une seule bobine de Ruhmkorff de grandeur moyenne il est en effet parvenu à illuminer non seulement un morceau de kaolin de 1 cm de largeur et de 2 mm d'épaisseur, mais encore à produire de cette manière deux foyers lumineux intercalés dans un même circuit. Il a reconnu, en outre, qu'en augmentant le nombre des bobines d'induction et la force du générateur on pouvait augmenter indéfiniment le nombre de ces foyers, ce qui, jusqu'à un certain point, pouvait encore fournir une solution du problème de la division de la lumière électrique.

La disposition de ce système est d'ailleurs fort simple : le petit morceau de kaolin est introduit entre deux petits becs de fer qui constituent les électrodes polaires et qui sont eux-mêmes portés par deux pinces susceptibles de se mouvoir horizontalement au moyen de vis de rappel. Ces petits becs saisissent le morceau de kaolin placé sur champ, par son arête supérieure légèrement amincie, et dépassent même un peu cette arête pour qu'on puisse plus facilement allumer l'appareil : car cet appareil doit être allumé, et cela se comprend aisément, puisque cette matière n'est pas assez conductrice par elle-même, même pour des courants induits, pour pouvoir laisser passer un courant capable de produire de la lumière électrique. Pour suppléer à ce défaut de conductibilité, il faut que la plaque de kaolin soit échauffée dans le voisinage des électrodes, et l'on obtient ce résultat d'une manière très simple, en joignant à la main les deux becs de fer dont nous avons parlé par un crayon de charbon

de cornue. En provoquant d'abord l'étincelle sur l'un des becs, le charbon rougit, transmet sa chaleur à la partie du kaolin la plus voisine qui entre en fusion, et donne passage à l'effluve électrique, d'abord sur un très petit parcours (1 ou 2 mm.), puis sur une longueur de plus en plus grande à mesure qu'on fait glisser successivement le charbon sur le kaolin, et qui finit par occuper toute la longueur de celui-ci quand la pointe rougie du charbon a atteint le second bec de fer. Alors le courant suit un sillon de matière fondue qui se creuse successivement et qui dessine à la vue un ruban de lumière éblouissante paraissant beaucoup plus large qu'il n'est réellement, en raison de l'irradiation. Il faut, par exemple, avoir soin de concentrer la chaleur développée par le charbon au moyen d'un réflecteur en matière réfractaire, lequel peut n'être, du reste, qu'une lame de kaolin. La lumière ainsi fournie est, comme je l'ai dit déjà, très stable, très brillante et beaucoup plus douce que la lumière des charbons. Sa puissance dépend naturellement de la résistance du circuit et du nombre de foyers lumineux interposés; mais avec une faible force électrique elle équivaut à un faible bec de gaz.

Le kaolin est la substance qui a paru la meilleure, parce que, étant préparée en pâte, elle peut être rendue très homogène; mais d'autres matières peuvent produire les mêmes effets; la magnésie, la chaux ont fourni en effet de très bons résultats....

Quant on veut obtenir l'illumination d'une longue lame de kaolin sous l'influence d'un courant très énergique, il devient nécessaire, pour l'allumage, de tracer à la mine de plomb sur l'arête supérieure du mauvais conducteur une ligne allant d'une électrode à l'autre et servant d'amorce. Le courant d'abord conduit par cette ligne n'est pas longtemps à échauffer le kaolin et à produire les effets que nous avons indiqués. Cette disposition permet d'obtenir, sur un espace assez restreint, une grande quantité de lumière, car il suffit de replier la lame plusieurs fois sur elle-même pour accumuler les effets, à la manière d'un multiplicateur électrique....

La découverte de la lampe électrique d'une part, et

celle de la lampe à incandescence pratique, d'autre part, firent abandonner des recherches devenues alors sans objet.

En rappelant en détail cette antériorité, nous n'avons pas l'intention de diminuer en rien le mérite des travaux du professeur Nernst, de Gœttingue, travaux dont il nous reste à parler : nous avons seulement voulu montrer que les idées vraiment neuves et absolument originales sont assez rares, et qu'avant d'atteindre la perfection ou simplement une valeur pratique et industrielle une invention doit souvent sommeiller plusieurs années pour être reprise avec fruit. Dans le cas particulier de Jablochkoff, il ne faut pas perdre de vue qu'en 1877 il n'y avait pas d'appareils de mesures électriques, pas de systèmes de distribution, pas d'éclairage électrique, sauf quelques rares lampes à arc, et que, dans ces conditions, il aurait été fort difficile, pour ne pas dire impossible, de perfectionner le système et d'apprécier ses progrès : il n'en est plus de même aujourd'hui.

Examinons maintenant les principes et les conditions de fonctionnement de la lampe Nernst.

On sait que la puissance lumineuse d'un corps incandescent est une fonction très rapidement croissante de la température, et que le rendement lumineux suit la même loi, pourvu que les pertes par convection ne soient pas excessives aux températures élevées. La température à laquelle on peut porter le charbon est limitée par son ramollissement, et, aussi, par sa résistivité relativement faible, qui oblige à employer des filaments longs et minces, et partant fragiles. M. Nernst a choisi des substances pouvant supporter des températures supérieures à celles que supporte

le charbon, et d'une résistivité plus grande que la sienne ce qui lui a permis d'augmenter dans une grande mesure la section du corps incandescent, il emploie des oxydes hautement réfractaires, isolants à froid, mais médiocrement conducteurs à chaud, et les porte à une température voisine de leur point de ramollissement, température bien supérieure à celle que peut atteindre le charbon. Cette haute température porte le corps réfractaire à une incandescence plus blanche, dans des conditions de meilleur rendement (bougies par watt), ou de moindre consommation spécifique (watts par bougie).

La matière réfractaire — de la magnésie en général — se présente sous la forme de petits bâtonnets pris entre deux fils de platine, à l'aide d'une pâte formée d'oxydes réfractaires agglomérants. Le système ainsi constitué est monté en circuit dans un électrolier approprié. Ce corps amené à l'incandescence par le passage du courant, après un amorçage dont nous parlerons tout à l'heure, diminue de résistance lorsque la température augmente : il en résulterait une certaine instabilité dans la lumière, lorsque les foyers lumineux sont montés en dérivation sur une distribution à potentiel constant, si on n'obviait à cet inconvénient à l'aide d'une résistance montée en série, et formée d'un fil excessivement fin dont la résistance représente 10 à 12 pour 100 de la résistance totale du circuit. Ce fil en s'échauffant tend à compenser les diminutions de résistance du corps incandescent. La consommation spécifique, résistance comprise, serait de 1,5 watt par bougie pour les lampes puissantes, et de 1,6 watt par bougie pour les lampes de faible puissance.

Comme la lampe ne s'allume pas à froid, à cause de sa grande résistance, il faut amorcer le passage du courant à travers le bâtonnet réfractaire avec une allumette ou, mieux, avec la flamme d'une lampe à alcool ou celle d'un bec Bunsen. La vie d'un bâtonnet réfractaire bien conditionné atteint déjà 500 heures, mais ce chiffre sera certainement dépassé.

L'allumage à l'alcool est un procédé un peu brutal, aussi M. Nernst a-t-il combiné divers systèmes d'allumage électrique automatique, mais les descriptions publiées jusqu'ici sont si confuses qu'il nous semble préférable de ne pas essayer de les reproduire ici, et d'admettre que, jusqu'à nouvel ordre, cet allumage est le point délicat de la lampe Nernst, point délicat mais non insoluble, hâtons-nous de le dire.

D'après ces informations générales, les seules que nous ayons pu recueillir jusqu'à ce jour, il semble que si l'économie indiquée ci-dessus est bien réalisée (1,5 watt au lieu de 3,5 watts par bougie), la lampe Nernst pourra recevoir de nombreuses applications, bien qu'elle soit à feu nu et doive s'amorcer à la flamme d'une lampe à alcool, inconvénients graves que ne présente pas la lampe à incandescence dans le vide.

Celle-ci restera toujours le foyer préféré des intérieurs, tandis que la lampe Nernst sera utilisée pour les grands espaces : cours, cafés, restaurants, hôtels, gares, salles publiques, etc. Si le prix initial d'une lampe Nernst est plus élevé que celui d'une lampe à incandescence dans le vide, le renouvellement périodique du bâtonnet incandescent sera, par contre, plus économique. La consommation spécifique sera plus faible, la lumière plus blanche et, point capital, la

lampe Nernst pourra être établie pour des potentiels plus élevés, qui réduiront dans une grande mesure le prix et l'amortissement des canalisations. On prévoit déjà la possibilité d'utiliser des foyers branchés directement sur une différence de potentiel de 500 volts, et même de 1000 volts, par l'emploi de deux bâtonnets en tension.

En résumé, la lampe Nernst est, ou paraît être, pleine de promesses : elle vient au bon moment ranimer l'espoir des partisans de l'incandescence en élargissant la voie ouverte par Jablochkoff en 1877; elle montre aussi qu'une idée prématurée, sans application possible au moment de sa naissance, peut être reprise plus tard avec de sérieuses chances de succès, lorsque les progrès parallèles de la science et de l'industrie ont levé des difficultés qui paraissaient, au début, absolument insurmontables.

Dans les conditions où elle se présente, il est naturel que la lampe Nernst ait rencontré des partisans et des détracteurs également ardents et convaincus : c'est le sort commun de toutes les choses nouvelles.

La lampe Nernst, qui va chaque jour se perfectionnant, sera certainement une des grandes attractions de l'Exposition de 1900, et c'est seulement à cette époque qu'il sera possible de porter un jugement définitif sur sa valeur et son avenir industriels.

É. Hospitalier.



Sur la valeur absolue des éléments magnétiques au 1er janvier 1899.

Note de M. TH. MOUREAUX.

Parc Saint-Maur. — Un nouveau pavillon magnétique ayant été construit en 1896, les appareils de variations y ont été transportés en octobre 1897, et l'enregistrement dans ces nouvelles conditions a commencé le 1er décembre suivant; comme précédemment, les courbes diurnes sont dépouillées pour chaque heure et les repères vérifiés chaque semaine par des mesures absolues.

Les valeurs au 1er janvier 1899 sont déduites de toutes les valeurs horaires du 31 décembre 1898 et du 1er janvier 1899, rapportées à des mesures absolues faites les 27 et 28 décembre. La variation séculaire résulte de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1898 (*).

	Valeurs absolues au 1er janv. 1899.	Variation séculaire en 1898.
Déclinaison.	14°51',45	— 4',60
Inclinaison.	64°57',5	— 1',4
Composante horizontale. .	0,196 82	+ 0,000 22
Composante verticale . . .	0,421 27	+ 0,000 02
Force totale.	0,464 98	+ 0,000 11

L'observatoire du parc Saint-Maur est situé par 0°9'23" de longitude est de Paris et de 48°48'34" de latitude nord.

Perpignan. — Les courbes magnétiques, relevées et réduites sous la direction de M. le Dr Fines, sont également

(*) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 234.

dépouillées heure par heure. Les valeurs au 1er janvier 1899 résultent de la moyenne des valeurs horaires du 31 décembre et du 1er janvier, contrôlées par des mesures absolues faites par M. Cœurdevache les 27 et 29 décembre.

	Valeurs absolues au 1er janv. 1899.	Variation séculaire en 1898.
Déclinaison.	13°45′,08	— 4′,02
Inclinaison.	60°0′,9	— 2′,2
Composante horizontale. .	0,22403	+ 0,00041
Composante verticale . . .	0,38826	+ 0,00014
Force totale.	0,44826	+ 0,00033

L'observatoire de Perpignan est situé par 0°32′45″ de longitude est et 42°42′8″ de latitude nord.

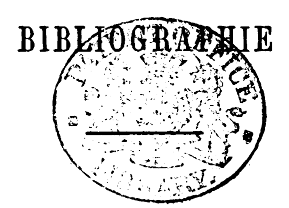
Nice. — Comme au parc Saint-Maur et à Perpignan, les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1899 sont déduites des valeurs horaires relevées sur les courbes du magnétographe pour les journées du 31 décembre et du 1er janvier. Les mesures absolues de contrôle ont été faites par M. Auvergnon les 29, 30 et 31 décembre.

	Valeurs absolues au 1er janv. 1899.	Variation séculaire en 1898.
Déclinaison.	12°6′,14	— 4′,13
Inclinaison	60°12′,9	— 1′,4
Composante horizontale. .	0,22365	+ 0,00033
Composante verticale . . .	0,39075	+ 0,00021
Force totale.	0,45023	+ 0,00035

L'observatoire de Nice est situé par 4°57′48″ de longitude est et 44°43′17″ de latitude nord.

(*Comptes rendus*, 9 janvier 1899.)

BIBLIOGRAPHIE



Handbuch der Telephonie, d'après le manuscrit du Dr Victor WIETLISBACH, publié par le Dr Robert WEBER. — Hartleben, éditeur, Vienne.

Au cours de sa carrière si active, le Dr V. Wietlisbach, mort récemment à l'âge de quarante-trois ans après avoir atteint la haute situation de directeur technique du service téléphonique suisse, avait recueilli et classé quantité de notes intéressant la téléphonie et ne cessait d'en recueillir d'autres, rassemblant ainsi les matériaux d'un ouvrage qu'il comptait écrire sur cette industrie de la transmission de la parole si récente, si captivante par les nombreux problèmes qu'elle soulève et résout tous les jours, si neuve encore malgré la prodigieuse rapidité des progrès qu'elle a réalisés, si délicate aussi pour ceux qui veulent l'entreprendre par l'impossibilité où ils se trouvent d'en diriger convenablement l'exploitation sans en posséder complètement le côté technique.

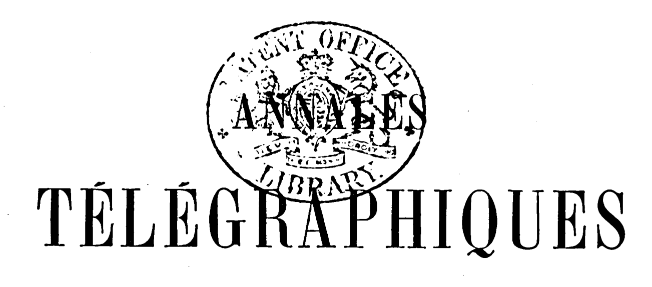
Le Dr Wietlisbach a disparu sans avoir pu achever son œuvre. Mais les soins pieux d'un ami, le Dr Robert Weber, Professeur de physique à l'Université de Neuchâtel, en ont sauvé et coordonné les éléments. Le *Manuel de téléphonie* nous paraît devoir être d'une véritable utilité pour tous ceux qui possèdent la langue allemande. Très soigneusement écrit et bien édité, l'ouvrage aborde la plupart des questions d'une manière fort intéressante, téléphones, microphones, tableaux commutateurs, lignes, etc., et résume en diverses parties les travaux personnels par lesquels le Dr Wietlisbach a souvent attiré l'attention. Quelques omissions se sont glissées dans cet ensemble, comme celle du système Cailho de télégraphie et téléphonie simultanées et du système Jacob modifié aux États-Unis dans le sens du montage Van Rysselberghe; nous regrettons aussi vivement pour notre part l'absence de notes

bibliographiques ; les sources ne sont pas citées et il est à peu près impossible, sans de longues et fort difficiles recherches, parfois impraticables, de se reporter aux publications ou documents originaux si l'on veut reprendre l'étude d'une question particulière. Nous espérons que M. le Dr R. Weber voudra bien, lors d'une nouvelle édition, combler cette lacune et par là donner à l'ouvrage une nouvelle valeur. Si nous nous permettons ces critiques, nous sommes d'autre part heureux de reconnaître que l'existence de deux tables, l'une analytique, l'autre alphabétique est d'un grand secours pour la consultation de l'ouvrage lui-même et nous voudrions voir l'établissement de semblables tables plus général et plus généralement prisé : cela exige, à vrai dire, un travail particulièrement ingrat et fastidieux, mais ajoute singulièrement à la valeur pratique d'un volume.

25-7-99

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod.

40.206. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1899. **Mai-Juin**

NOUVEAUX GRAPPINS

(SYSTÈME ROUILLIARD)

DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

POUR LE DRAGAGE DES CABLES SOUS-MARINS

Au cours des opérations de dragages fort difficiles qui, en 1897 et 1898 ont été nécessitées par la pose du câble transatlantique Brest-Cap Cod, M. A. Rouilliard, ingénieur de la Société industrielle des Téléphones, a été amené à imaginer et à faire construire divers types de grappins très intéressants. Ces grappins ont pu être immédiatement expérimentés par leur inventeur et c'est à leur bon fonctionnement qu'à été dû le succès définitif des entreprises de dragages.

Deux campagnes consécutives du *François-Arago* avaient échoué en 1897 en raison de l'insuffisance du matériel de dragage : le navire avait cherché à

reprendre le câble par un fond de près de 5 000 mètres dans le but de le couper et de ramener ensuite le bout pour le mettre sur bouée. Les grappins dont on disposait étaient à cinq branches du type ordinairement employé. Ils prirent difficilement le câble profondément enlisé dans la vase et, en aucun cas, ils ne purent le couper. Chaque opération se termina par la rupture du filin de drague ou celle d'un des attelages.

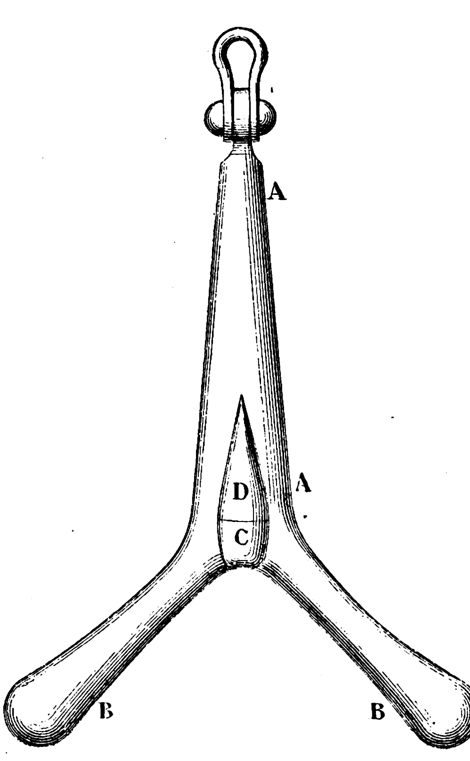


Fig. 1.

La grande difficulté de l'opération devait être attribuée d'une part à la profondeur et à l'enlisement du câble, d'autre part surtout à la très grande résistance que présentait le câble construit pour supporter sans se rompre une tension de 11 tonnes. Dans ces conditions, le grappin étant à cinq branches, si le câble se trouvait croché par deux ou trois des dents du grappin, il s'arcbou-

tait contre la tige centrale et l'effort de cisaillement qui aurait dû le couper se répartissait entre plusieurs

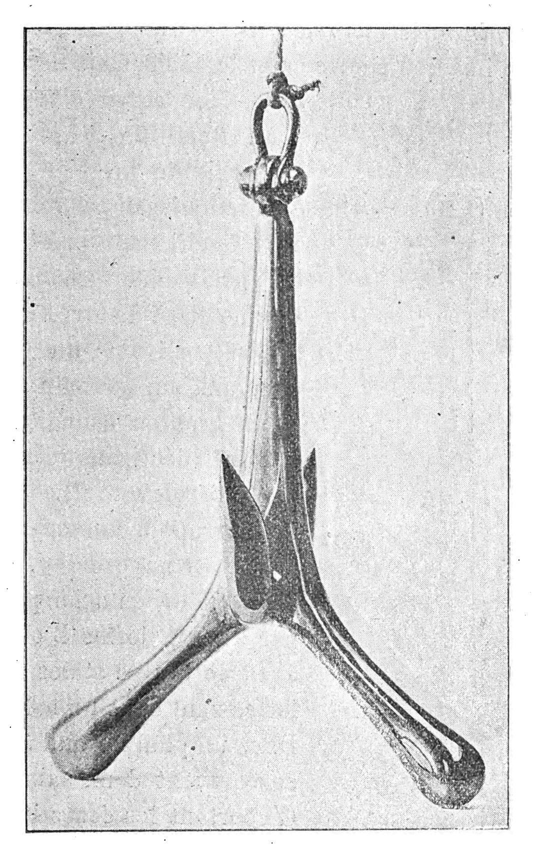


Fig. 1 *bis*.

points d'appui. Lorsque la tension augmentait, elle atteignait la limite de rupture du filin avant que les lames en prise aient pu sectionner le câble.

C'est dans le but d'éviter cet inconvénient des dents

multiples que M. Rouilliard a imaginé son *grappin universel.*

Grappin universel relevant. — L'appareil a été tout d'abord imaginé pour couper le câble, mais il peut tout aussi bien servir à le relever.

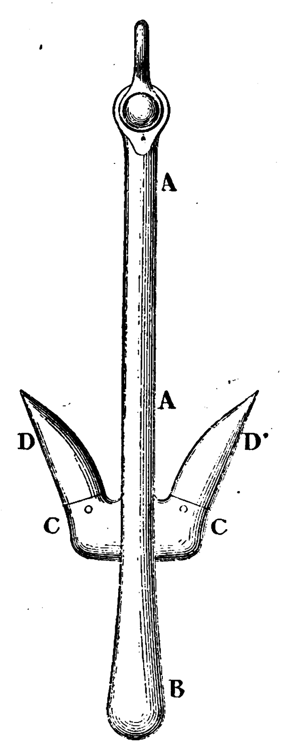


Fig. 2.

M. Rouilliard, après avoir construit un premier appareil qui remplissait à volonté les deux fonctions, a préféré adapter spécialement chaque engin à l'une ou à l'autre, il a donc réalisé, suivant un principe commun, un grappin relevant et un grappin coupant.

Nous décrirons d'abord le grappin relevant (*).

Le grappin universel Rouilliard se compose (*fig.* 1 et 2) d'une tige A en acier prolongée par deux palettes B et B'. Les axes de la tige et des deux palettes sont dans un même plan. Dans un plan normal à celui-ci se trouvent deux saillies C et C' portant les dents D et D' du grappin. L'ensemble de la tige, des palettes et des saillies latérales constitue un seul bloc en acier coulé. Dans les saillies sont pratiquées des mortaises cylindriques. Les dents également en acier coulé se terminent à leur base

(*) Les figures représentent les appareils au 1/20 de leur grandeur d'exécution.

par des tenons qui pénètrent dans les mortaises des saillies. L'assemblage est maintenu par des clavettes.

Chaque grappin est muni de trois jeux de dents de longueurs différentes. La figure représente le grappin armé de ses dents moyennes, qui ont 35 centimètres de longueur. Ce sont celles qui servent le plus généralement. Les dents courtes ont 12 centimètres de moins que les moyennes, elles servent pour les terrains durs. Les dents longues dépassent les moyennes de 12 centimètres et sont destinées aux terrains vaseux dans lesquels le câble est très fortement enlisé.

Lorsque ce grappin rattaché à un filin de drague arrive au fond de la mer et qu'il subit une traction, il ne peut prendre qu'une seule position d'équilibre stable : les palettes jouent le même rôle que le jas d'une ancre, elles raguent sur le fond comme le bâti d'une herse et l'une des dents labourant la vase s'y enfonce profondément et peut atteindre le câble enlisé. Aussitôt pris le câble est ramené sous l'aisselle de la dent qui constitue un petit logement L (*fig.* 3) en forme de rainure de 5 centimètres de largeur et 8 centimètres de profondeur. Lors même que le câble est saisi non loin d'un bout libre, le frottement qu'il éprouve dans la rainure est suffisant pour le retenir. S'il vient à glisser, le filin qui le recouvre se déchire, s'accumule en arrière du grappin et forme bientôt avec les enduits un bourrelet assez résistant pour arrêter le glissement du câble.

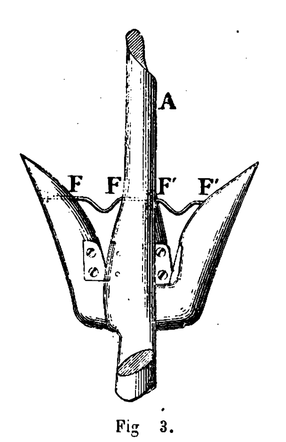


Fig 3.

Grappin universel coupant. — Le même engin peut, avec de très légères modifications, être disposé de manière à couper le câble. A cet effet la forme des saillies C et C′ est un peu changée (*fig.* 3) et chacune des aisselles du grappin porte deux lames d'acier taillées en biseau dont les arêtes tranchantes forment une sorte de V. Un peu au-dessus de l'aisselle est fixée une barre de fer témoin F F calculée pour rompre sous un certain effort de tension bien défini. Cette barre ferme l'entrée du V formé par les lames coupantes. Lorsque le grappin saisit le câble, celui-ci vient s'appuyer sur la barre de fer F F. La traction augmente et l'accroissement de tension peut être constaté au dynamomètre. Bientôt la barre de fer est rompue et le câble projeté dans l'angle des arêtes tranchantes s'y

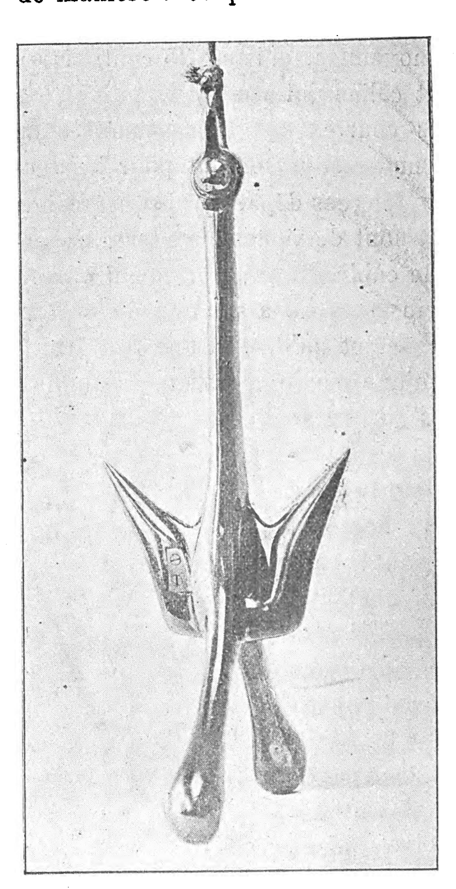


Fig. 3 *bis*.

coince et est coupé. L'utilité de la barre F F est multiple : elle provoque au moment de sa rupture un choc brusque qui facilite le cisaillement du câble. D'autre part, elle sert de témoin et permet quand on ramène le grappin de constater que le câble a bien réellement été pris et coupé.

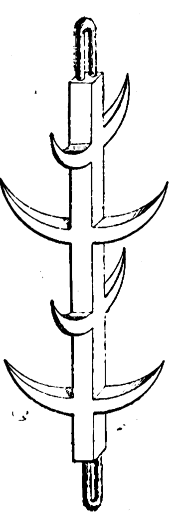


Fig. 4.

Les grappins universels Rouilliard utilisés par la Société industrielle des Téléphones pèsent 250 kilogrammes.

Grappin centipède à contre-dents pour fonds rocheux. — Les engins que nous venons de décrire ont rendu les plus grands services toutes les fois qu'ils ont été employés par des fonds de vase ou de sable. Ils n'ont donné lieu à aucun des insuccès qui avaient rendu à peu près impossible l'emploi des grappins ordinaires. Mais il n'en fut pas de même lorsqu'on eut à les utiliser sur des fonds rocheux : le *Silvertown*, en juillet 1898, entreprit une série de dragages vers le 30e degré de longitude Ouest de Paris. Dans la région où il opérait, le fond de l'Atlantique se relève jusqu'à 3 000 mètres environ et présente des vallonnements, des pentes et des bancs de roches très dures et très tourmentées. Tous les grappins de divers modèles qui furent immergés dans cette région se prirent dans les roches, les dents furent tordues ou arrachées et même, dans certains

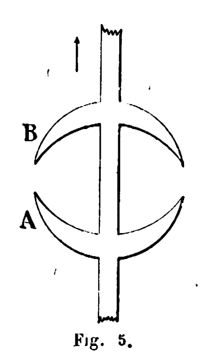


Fig. 5.

cas, les dents se trouvant engagées à fond sous des rochers, la tige du grappin se brisa. Le *Silvertown*, après avoir tenté sept dragages infructueux, dut rentrer sans avoir pu prendre le câble.

Le *François-Arago* fut alors envoyé dans la même région. Il tenta soit avec le grappin universel, soit avec le centipède ordinaire cinq dragages dont les résultats furent aussi mauvais que ceux du *Silvertown*. C'est alors que M. Rouilliard imagina un deuxième type de grappin qu'il a appelé *grappin centipède à contre-dents*.

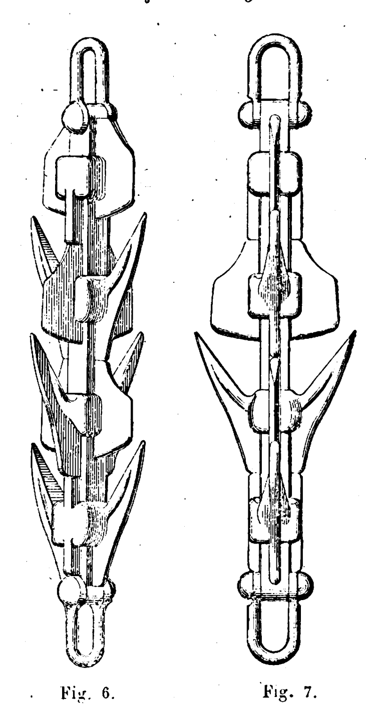


Fig. 6. Fig. 7.

L'instrument tel qu'il a été employé par M. Rouilliard pour l'achèvement de la campagne du *François-Arago* est une simple modification du centipède ordinaire. Le centipède (*fig.* 4) se compose d'une tige de fonte portant une série de paires de dents orientées dans le même sens et qui se trouvent alternativement dans deux plans rectangulaires. M. Rouilliard pour empêcher les dents de s'engager dans les anfractuosités des rochers a songé à limiter la prise de chaque dent A (*fig.* 5) en plaçant devant elle une dent B identique mais orientée en sens inverse. Dans

ces conditions, lorsque le grappin sera traîné dans le sens de la flèche, si la dent A rencontre le câble, celui-ci passera entre la dent et la contre-dent et sera pris. Au contraire, la contre-dent empêchera la dent de s'engager sous une roche.

Le système ainsi improvisé par M. Rouilliard donna des résultats très remarquables : dès le premier dragage le câble fut pris et un deuxième dragage fait sur le second bout réussit également.

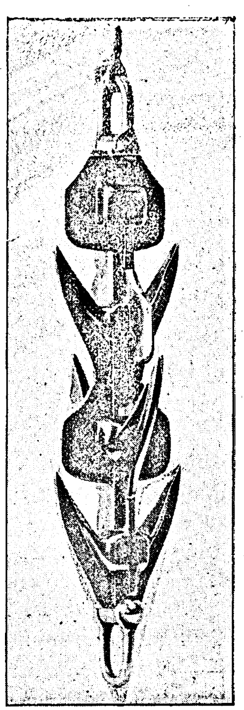


Fig. 8.

La Société des Téléphones a fait construire un modèle plus perfectionné de centipède à contre-dents. Les figures 6 et 7 représentent le dessin de cet engin. Les contre-dents sont des pièces plates d'acier de forme un peu arrondie pour glisser facilement sur le fond. Elles laissent entre leur extrémité et celle de la dent un espace tout juste suffisant pour le passage du câble. Les dents et les contre-dents sont réunies par paires et fixées à des sortes de colliers qui se montent sur la tige centrale carrée en fer. Chaque collier porte dans un plan une paire de dents et dans un plan perpendiculaire une paire de contre-dents. Les colliers extrêmes ne portent, suivant le cas, qu'une paire de dents ou une paire de contre-dents.

Ce type de grappin pèse de 150 à 200 kilogrammes.

F.-G. de Nerville.

CONDUCTEURS TÉLÉPHONIQUES

EN ALUMINIUM

L'aluminium allié avec une faible quantité de cuivre a depuis longtemps attiré l'attention des ingénieurs chargés notamment de la construction des lignes téléphoniques, et ce en raison de ses propriétés physiques, comparées à celles du bronze silicieux en usage dans l'Administration des Postes et Télégraphes.

Le tableau ci-dessous donne les éléments de comparaison.

	Alliage d'aluminium.	Bronze silicieux.
Densité.	2,8	8,9
Charge de rupture par millimètre carré.	28^{kg}	75^{kg}
Conductibilité	48 p. 100	41 p. 100
Rapport de la charge de rupture au poids kilométrique.	10	8,3
Prix du kilogramme	5,00	2,85

A section égale, cet alliage pèse donc trois fois moins que le bronze, coûte moins cher, conduit mieux, et peut se tendre en ligne avec des flèches moindres. Son seul défaut semblait être la difficulté que l'on éprouvait à le souder, or, depuis deux ou trois ans, l'on est en possession d'une soudure permettant de raccorder entre elles les couronnes, et si j'ajoute que ce métal avait la réputation d'être inaltérable, on comprendra l'intérêt qu'il y avait à étudier son emploi pour la construction des réseaux téléphoniques.

Ces études furent entreprises au service de la Vérification du Matériel, mais avant qu'elles ne fussent complètes, M. Ditte présenta à l'Académie des sciences, aux dates des 5 décembre 1898, 23 janvier et 27 mars 1899, trois notes établissant que, contrairement à l'opinion qui a longtemps prévalu, l'aluminium est un corps qui s'oxyde très facilement; les bases alcalines le corrodent avec la plus grande facilité, en formant des aluminates.

Sous forme d'alliage, avec de faibles proportions de cuivre, et c'est le cas pour les fils dits d'aluminium, le métal est attaqué avec une énergie encore plus grande, car il se produit dans la masse du corps des actions électrolytiques dues à la présence de deux métaux dont l'un est très attaquable.

Ces indications sont pleinement confirmées par nos essais.

Des fils de bronze d'aluminium de même section et de même longueur pesant $1^{gr},440$ ont été plongés dans des éprouvettes contenant diverses dissolutions acides ou basiques à 10 pour 100; ils ont été, au bout de quatre mois, retirés des éprouvettes, et les pertes de poids suivantes ont été constatées :

	gr.
Avec le sel marin.	0,019
— l'acide acétique.	0,024
— — sulfurique.	0,341
— — azotique.	0,444
— la potasse.	0,859

Un sixième échantillon a été suspendu à l'extérieur contre la fenêtre d'un rez-de-chaussée à un endroit où il n'était cependant pas exposé aux fumées. Il a néanmoins vu son poids s'augmenter de $0^{gr},058$, ce

qui correspond à la transformation de $0^{gr},031$ d'aluminium en alumine.

Ces résultats sembleraient suffisants pour écarter l'emploi du fil de bronze d'aluminium, mais les constatations que l'on peut faire sur les qualités physiques du métal viennent encore corroborer cette opinion.

On sait que si l'on désigne par :

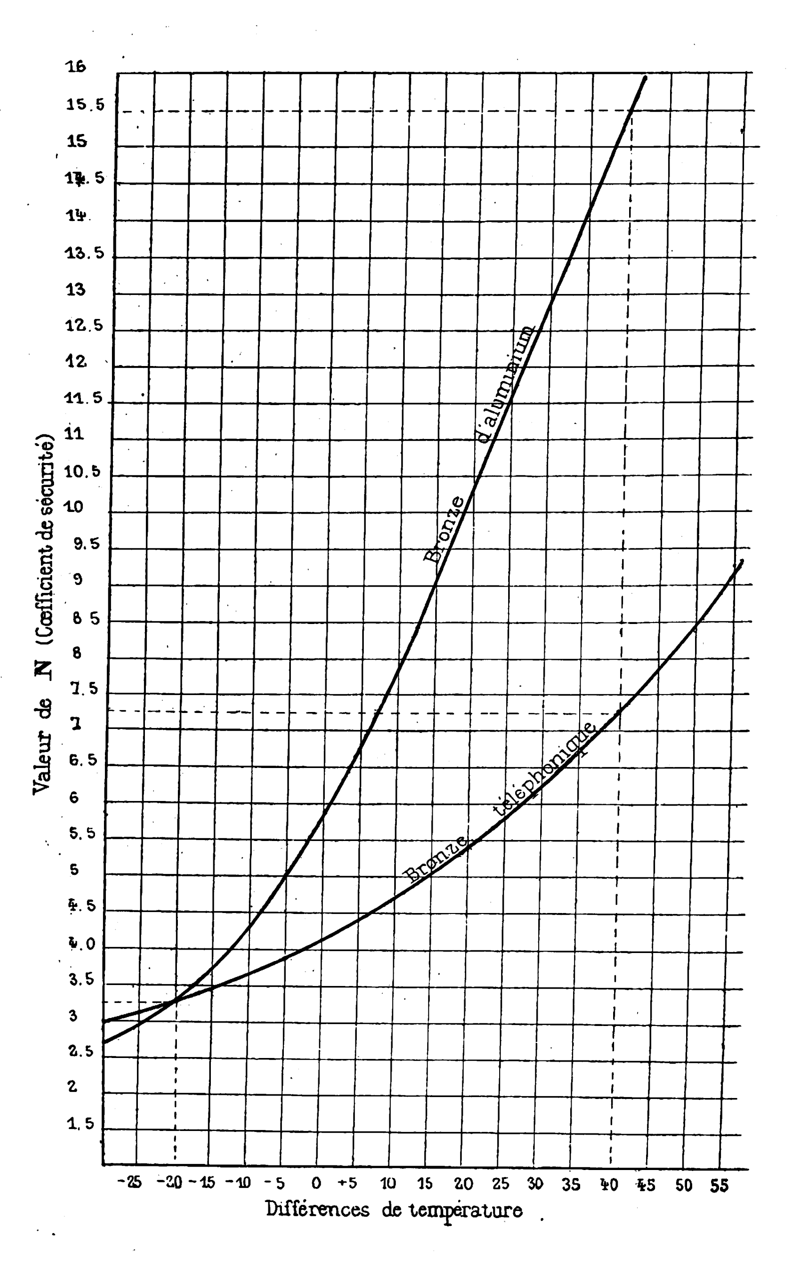
a la portée d'un fil tendu entre deux appuis,
δ la densité du métal,
q sa charge de rupture par millimètre carré,
M l'expression $\frac{\delta}{1000\, q}$,
n le coefficient de sécurité à une certaine température.
n' ce coefficient de sécurité à une température de θ° plus élevée,
α le coefficient de dilatation,
ε le coefficient d'élasticité.

Ces quantités sont reliées par l'équation

$$0 = \frac{a^2 M^2}{24\alpha}(n'^2 - n^2) + \frac{\varepsilon q}{\alpha}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n'}\right) \text{ (*)}.$$

Or, il résulte d'essais effectués en 1899 au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées que le fil dit d'aluminium a un coefficient de dilatation de 0,000023, et un coefficient d'élasticité de 0,00012, alors que pour le fil de bronze employé actuellement sur nos réseaux téléphoniques on trouve respectivement 0,000017 et 0,00007.

(*) Note de M. Barbarat, *Annales télégraphiques*, série 3, vol. XIV, p. 229.


16
15.5
15
14.5
14
13.5
13
12.5
12
11.5
11
10.5
10
9.5
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
5.5
5
4.5
4.0
3.5
3
2.5
2
1.5
Valeur de N (Cœfficient de sécurité)
Bronze d'aluminium
Bronze téléphonique
-25 -20 -15 -10 -5 0 +5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55
Différences de température

Cette formule appliquée aux deux métaux en question donne pour une portée de 75 mètres les deux courbes ci-jointes.

On voit par l'examen des deux courbes que si l'on part à — 20°, température qu'on peut considérer comme un minimum, d'un coefficient de sécurité de 3,25 au-dessous duquel on ne saurait prudemment descendre, les fils de bronze atteignent à + 40° un coefficient de 7,5 qui leur assure, ainsi que l'expérience l'a prouvé, une tension suffisante.

Avec les fils dits d'aluminium, au contraire, il suffit d'une élévation de température de 27° pour atteindre ce coefficient; à + 40°, le coefficient de sécurité s'élèverait à 15,25 et le fil tomberait à une tension de $1^k,64$ par millimètre carré.

En admettant que la facilité des mélanges avec des tensions aussi faibles ne soit pas une cause absolue d'exclusion, on voit qu'à ces températures de 30° à 40° le fil dit d'aluminium perd les avantages que semblait lui donner dans la construction des réseaux sur les toits, le rapport élevé de sa charge de rupture à son poids kilométrique, et que sa flèche, qui à — 20° n'était que de 23 centimètres comme pour les fils de bronze, devient supérieure à + 40° : 108 centimètres au lieu de 63 centimètres.

Il ne semble donc pas, pour le moment, que soit au point de vue physique, soit au point de vue chimique, on puisse songer à l'emploi sur les réseaux téléphoniques d'un alliage d'aluminium du genre de celui que nous venons d'examiner.

MASSIN.

RAPPORT DE M. EUGÈNE POISSON

RELATANT LES RÉSULTATS DE LA MISSION
QUI LUI FUT CONFIÉE
PAR M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE
POUR ALLER AU BRÉSIL ET AUX ANTILLES
Y ÉTUDIER LES ARBRES A CAOUTCHOUC
ET SE PROCURER DES GRAINES
DE CES ARBRES EN VUE DE LEUR PROPAGATION
DANS LES COLONIES FRANÇAISES

Le point où j'ai abordé au Brésil, en quittant l'Europe, fut la ville de Para, un des centres les plus importants, avec Manaos, où est concentrée la production du caoutchouc le plus recherché par le commerce européen et celui du Nouveau Monde.

Pour donner un aperçu du trafic qui se fait de cette précieuse matière, dans cette région de l'Amazonie, il suffira d'en mentionner la quantité sortie pendant douze mois, du 30 juin 1896 au 30 juin 1897 : quinze maisons faisant le commerce du caoutchouc, en ont exporté, pendant ce laps de temps, 22 300 000 kilogrammes, dont 9 millions provenant de l'État même de Para, et 13 millions venant de la haute Amazone et ses affluents, et représentant une somme de 115 millions de francs, en chiffre rond; quantité qui aura vraisemblablement été dépassée en 1897-1898.

Le caoutchouc du Para est dû à des arbres de la

famille des Euphorbiacées, du genre Hevea, qui croissent dans les terrains humides des bords des nombreux affluents de l'Amazone.

On tirait une certaine quantité de caoutchouc d'un Hevea (nom indigène donné à l'arbre, et que les botanistes ont pris pour nom de genre) qui abondait alors en Guyane française et que Aublet fit connaître dans son *Histoire des plantes de la Guyane*, en 1775, sous le nom d'Hevea Guianensis. Mais ce produit servait aux indigènes pour des usages locaux et restreints, et l'on était loin de prévoir sa future importance industrielle un siècle plus tard.

Sans vouloir faire ici l'histoire botanique des Heveas, nous rappellerons quelques faits qui s'y rattachent.

Le nom d'Hevea fut remplacé au commencement de ce siècle par celui de Siphonia donné par le botaniste Persoon, et pendant une soixantaine d'années ce nom prévalut. En 1825, Kunth décrivit sous le nom de Siphonia Brasiliensis un arbre du haut Orénoque, découvert par Humboldt et Bonpland, et identique avec un spécimen d'herbier, rapporté antérieurement du Para par le voyageur Sieber. Cette constatation semble montrer que l'espèce a une grande extension dans le bassin de l'Amazone, et qu'elle doit fournir la majeure partie du caoutchouc du Para.

Plus tard, le botaniste Bentham, en compulsant les collections de plantes formées par le naturaliste Spruce, vers 1854, dans une région plus étendue de l'Amazonie, distingua cinq nouvelles espèces de ce genre sous le nom de Siphonia Spruceana (de Santarem), S. discolor (de Manaos), S. pauciflora, S. rigiflora et S. lutea (du rio Negro et rio Naupes).

Enfin, en 1865, J. Mueller, dans sa *Monographie des Euphorbiacées*, reprit avec raison l'ancien nom de Hevea et ajouta dans la Flora Brasiliensis, en 1874, quatre nouvelles espèces découvertes par divers voyageurs, et auxquelles il donna les noms de Hevea membranacea, H. Benthamania, H. Nitida et H. Janeirensis.

En résumé, on sait aujourd'hui que certaines espèces prédominent en certains points et produisent le caoutchouc de la région considérée. Ainsi, en Amazonie inférieure, c'est l'H. Brasiliensis; aux environs de Manaos l'H. discolor; enfin dans le rio Negro et le rio Naupès les H. pauciflora et H. lutea. On est moins affirmatif pour les autres espèces dont la contribution est au moins douteuse ; il est cependant probable que les « seringueros », c'est-à-dire les récolteurs de caoutchouc, utilisent des espèces donnant un latex inférieur en qualité, qu'ils mélangent avec celui provenant d'une meilleure origine.

Malgré les efforts des naturalistes, il sera très difficile d'arriver à être fixé sur la valeur du latex de chacune de ces espèces, prises isolément, ce qui pourtant serait d'un intérêt très grand, non seulement au point de vue scientifique, mais en permettant aux planteurs de ne progager que les variétés les plus estimées. Ces recherches exigeant un séjour prolongé dans les forêts humides ne seraient pas sans péril pour un Européen, comme on en a eu de trop nombreux exemples.

Dans les forêts avoisinant Para, où je me suis rendu, et où j'ai séjourné pendant plusieurs jours pour assister à la récolte du caoutchouc, j'ai appris des Indiens qu'ils distinguaient deux sortes d'arbres

qu'ils appellent Hevea blanc et Hevea noir, en raison de l'apparence plus foncée de l'écorce et du feuillage de l'un d'eux. Il paraîtrait que le caoutchoutier noir donne un latex plus estimé que le blanc et que cependant le mélange des deux formerait un produit de qualité supérieure à ce que l'on obtiendrait séparément. Cependant, j'ai la conviction que l'on cherche à éviter la récolte séparée de ces deux latex, ce qui donnerait plus de peine et entraînerait peut-être une moins-value pour la sorte inférieure. S'agit-il d'espèces distinctes ou simplement de variétés d'Hevea? C'est un point à élucider.

Les tentatives que j'ai faites pour obtenir des rameaux n'ont été que peu fructueuses. Les seringueros sont très méfiants et croiraient agir à leur détriment en renseignant les Européens sur des pratiques qu'ils se soucient peu de faire connaître; d'autre part, la difficulté d'atteindre le sommet d'arbres élevés est encore un obstacle à vaincre. J'ai dû me contenter de quelques rameaux et feuilles tombés de ces arbres dont la floraison est éphémère et capricieuse, et de les conserver en herbier en attendant une nouvelle occasion de retourner dans ces parages et de poursuivre ces observations.

Les Hevea se rencontrent rarement en groupes dans la basse Amazonie; ils sont même généralement assez espacés et le seringuero fait plusieurs kilomètres en allant d'arbre en arbre. Parfois on en rencontre deux ou trois ensemble, mais je n'en ai jamais vu davantage. M. Coudreau, l'explorateur bien connu, qui fait en ce moment le relevé hydrographique des rivières des États du Para et de l'Amazonie, m'a dit avoir vu de véritables associations d'arbres à caout-

chouc sur les rives des divers rios, mais très loin du grand fleuve, et en général dans des endroits où il est presque impossible aux récolteurs de séjourner, en raison des nuées de moustiques qu'on y rencontre.

Dans les hauts des rios, on trouve des Hevea sur des terrains assez élevés, jusqu'à 3000 pieds, qui donnent, au dire des Indiens questionnés par M. Coudreau, un latex peu abondant, mais se coagulant sans perte appréciable. Les arbres des régions élevées, relativement, donnent des graines moins grosses que celles de la basse Amazonie ou des Iles, ce qui prouve bien qu'il s'agit d'espèces spéciales à ces régions.

Je savais que dans les laboratoires, on désire se procurer du lait des différents caoutchouc pour étudier cette matière avant qu'elle ait subi de transformation. Malgré la répugnance des seringueros à vous en recueillir, j'ai pu rapporter des échantillons en bouteilles bien bouchées; mais le succès avait été précédé de tentatives infructueuses, car sous l'influence de la température élevée des tropiques, la fermentation de ce latex se produit rapidement et les bouteilles se brisent ou les bouchons partent, et tout est à recommencer.

L'opération en usage en Amazonie pour extraire le latex des Hevea consiste à faire sur le tronc des arbres des incisions peu profondes, intéressant seulement l'écorce, de place en place, au moyen d'une petite hachette nommée « macheta », puis on dispose au-dessous de chaque incision un petit godet en ferblanc appelé « tigeliuha », qui reste adhérent à l'arbre par son bord tranchant que l'on enfonce légèrement dans l'écorce. Quand le nombre des inci-

sions est jugé suffisant par le seringuero, celui-ci passe à d'autres arbres, puis il revient aux premiers et vide dans une calebasse le contenu des « tige-liuhas ». Finalement le tout est porté au carbet, petite installation où doit se faire l'enfumage.

Cette opération consiste à tremper une palette de bois ou un cylindre de bois, à long manche, dans le latex, puis à l'exposer au-dessus d'un fourneau de terre cuite ou « fumeiro », où brûle un peu de brindilles de bois et des fruits de palmier du genre « Attalea », puis on replonge la palette dans le latex et ainsi de suite jusqu'à ce que les applications successives produisent une boule elliptique suffisamment pesante pour être détachée de la palette en incisant cette boule latéralement ou à son sommet pour la mettre en liberté ; c'est ainsi que le caoutchouc est livré au commerce.

Le but de la coagulation du latex d'Hevea par la chaleur et l'enfumage, procédé plus long que d'autres, n'est pas seulement de faire évaporer l'eau contenue dans le latex et d'éviter la putréfaction du caoutchouc, comme on fait pour la conservation des viandes et du poisson, mais la fumée des noix d'Attalea possède des propriétés particulières. D'après les expériences de M. R.-H. Biffen, de Cambridge, cette fumée contient à l'analyse : d'abord de l'acide acétique qui est la cause de la coagulation instantanée du latex, puis de la créosote, dont les propriétés antiseptiques sont bien connues.

Ce qui frappe l'étranger qui arrive à Para c'est qu'on ne voit nulle part l'arbre qui fait la fortune du pays et des habitants et il faut aller assez loin dans la forêt pour en rencontrer des spécimens.

Le gouvernement du Para s'est inquiété de la demande toujours croissante du caoutchouc, et pour parer à l'inconvénient de la recherche de plus en plus éloignée des Hevea sur son territoire, il a songé à encourager les plantations de cet arbre et a institué des primes assez fortes pour exciter les planteurs. Cependant aucune plantation importante n'a encore été faite.

Dans la province de Ceara, où je me rendis ensuite pour observer une autre sorte de caoutchouc, appartenant également à la famille des Euphorbiacées, le *Manihot Glaziovi*, j'ai pu voir en place ce végétal qui produit le caoutchouc dit de « Ceara » et dont le nom indigène est Maniçoba.

Le Ceara est une des provinces les moins riches du Brésil, mais son sol élevé et sa température sèche la préservent des maladies qui affligent les régions basses et humides. Aussi Ceara est-il réputé pour sa salubrité et fréquenté par des gens soucieux de leur santé.

Le Manihot Glaziovi est un arbre de taille moyenne, de 10 à 12 mètres au plus. Le latex qu'il produit est plus épais que celui de l'Hevea, il se coagule avec plus de rapidité et c'est une des causes qui engagent les récolteurs à le laisser suinter après incision du tronc de l'arbre, à la surface de l'écorce où il achève de s'assécher pendant un ou deux jours. Cet avantage entraîne souvent un inconvénient. Les seringueros laissent négligemment la coulée du latex se faire jusqu'à la surface du sol, où elle emprisonne de la terre et des débris organiques qui, incorporés ainsi dans sa masse, la font déprécier à la vente. Cependant, quand on prend la peine de préparer ce caoutchouc par

l'enfumage, il est bien coté sur le marché, quoique n'ayant pas la même valeur commerciale que celui de Para, et il commence à gagner en estime sous ce rapport.

Il est exporté sous plusieurs formes : 1° en boules formées par des lanières produites par le latex séché sur l'arbre après incision ; 2° en pains plus ou moins mélangés de sable et de débris d'écorce obtenus des coulées de latex descendant sur l'arbre jusqu'à terre ; 3° en « scraps », petites boules en forme de larmes, obtenues en piquant l'arbre, après l'avoir nettoyé de ses plus fortes rugosités à l'aide d'une sorte de poinçon ou de couteau, puis laissant sécher sur place quelques gouttes qui en exsudent ; 4° en pains enfumés, préparés d'après la méthode du Para. Ce dernier procédé qui le rapproche le plus du caoutchouc de l'Amazonie, donne à la gomme de Ceara un prix relativement élevé et qui, lors de mon séjour dans cette province, était de 4 fr. 50 le kilogramme. La préparation par l'enfumage commence à se répandre dans les divers districts de la province de Ceara, principalement dans les exploitations avoisinant la côte.

La récolte principale se fait surtout à la fin de la saison des pluies, vers mai, juin et juillet ; alors le latex est plus riche en caoutchouc. On estime qu'un arbre, dans une période normale de rendement, donne 1 kilogramme 1/2 à 2 kilogrammes de caoutchouc.

Il n'a pas été dressé de statistique exacte concernant la production de la gomme du Ceara, mais d'après les négociants de la ville, l'année 1897 aurait produit près de 400 tonnes de ce caoutchouc.

Le pays est assez élevé, dans l'intérieur, l'altitude moyenne variant entre 200 et 600 mètres. De ce fait, la saison des pluies qui devrait être de novembre à mai ne donne souvent que quelques semaines de pluie ; on a même vu une année entière sans pluie appréciable. Le sol où croissent les Manihot est rocailleux et sablonneux, aussi la culture de ces arbres est une précieuse ressource dans les régions sèches et à sols médiocres. Dans l'intérieur de la province, on rencontre d'immenses blocs de granit, à Baturité, Quixada, Monte-Alegre, etc., entre lesquels il n'est pas rare d'apercevoir le Manihot. Il n'y a pas de hautes forêts et, pour ainsi dire, aucune végétation sous bois.

Les arbres à caoutchouc de Ceara ayant des racines tuberculeuses, où l'humidité nécessaire à leur végétation est emmagasinée, souffrent moins de la sécheresse que les autres arbres, aussi on les aperçoit d'assez loin avec leur feuillage plus résistant et de couleur ardoisée et leur tronc généralement droit. On les rencontre jusqu'à des altitudes de 800 à 1000 mètres et quelquefois plus.

Contrairement à ce que l'on dit, il n'y a pas encore à Ceara de vraies plantations organisées. Le gouvernement à l'instar de celui de Para, a cru stimuler le zèle des Ceariens en promettant une prime de 500 milreis (environ 500 francs) par 1000 plants de caoutchoutiers. Dans trois endroits seulement, j'ai pu voir des essais faits par les gens du pays, à Fortaleza, capitale de la province, à Maranguape, et sur la ligne du chemin de fer de Fortaleza à Senador-Pompen. Mais la prime une fois touchée, les plants ont été abandonnés à eux-mêmes ; et aucun soin ne

fut pris désormais pour en assurer le succès. La croissance du Manihot est cependant très rapide. Dans les essais de plantations que j'ai vus, des plants de cinq mois atteignaient 7 et 8 pieds, et ceux d'un an plus de 12 pieds de hauteur.

Par contre, j'ai appris à Ceara que, dans la province voisine de Maranaho, d'importants défrichements avaient été faits et avaient donné lieu à de fortes demandes de graines de Manihot.

Lorsque j'étais à Ceara, un journal local reproduisait un article sur le Maniçoba (nom indigène du Manihot) indiquant les procédés de plantation et l'époque la plus favorable pour les entreprendre, ainsi que le choix du terrain; argile rouge ou brune, pour sa culture. On s'accorde à reconnaître que quatre années suffisent pour avoir du Manihot en plein rapport. Dès qu'ils atteignent un décimètre de diamètre, on peut les saigner légèrement.

Quoiqu'on rencontre parfois des arbres de Manihot chargés de graines dans de nombreuses localités au Brésil, et ailleurs, les planteurs préfèrent s'adresser directement à Ceara pour l'approvisionnement de leurs semences.

Si le gouvernement de Ceara fait ce qu'il peut pour l'extension des cultures, ses encouragements sont paralysés par l'émigration irréfléchie qui augmente chaque année vers l'Amazonie, où les Céariens espèrent faire fortune. J'ai vu les navires du Lloyd Brésilien chargés de plus de 1200 émigrants, arrivant à Para et les trois quarts étaient de Ceara; la plupart tombent victimes des fièvres paludéennes si funestes dans la région de l'Amazonie. En 1895, il est parti de Ceara pour le Para 9092 émigrants, d'après

les statistiques officielles, et ce nombre a certainement augmenté depuis.

Une troisième sorte de caoutchouc de ces régions brésiliennes devait attirer mon attention ; l'*Hancornia speciosa* et ses variétés qui fournissent le caoutchouc dit de Pernambouc, ou Mangabeira des indigènes, apocynée formant un arbre dont les fruits comestibles sont vendus sur les marchés. A Ceara, où j'ai pu me procurer un échantillon du caoutchouc et de son latex, j'ai su que ce produit était exclusivement expédié à Liverpool où il n'atteint qu'un prix très bas en raison de la petite quantité exportée.

Au sujet de ce caoutchouc, on peut faire les conjectures les plus diverses et sur d'autres sortes encore, car les renseignements les plus contradictoires sont donnés souvent à dessein pour troubler le chercheur et dérouter le négociant désirant s'éclairer. La crainte de voir déprécier une marchandise dont on ne veut pas faire connaître la véritable origine incite les naturels à faire passer une gomme pour une autre, aussi l'on ne peut se fier à eux pour entreprendre des analyses concluantes sur un produit d'origine bien déterminée.

Le Mangabeira passe pour donner un caoutchouc médiocre, et cependant il s'en exporte une certaine quantité de Pernambouc; il est possible qu'il soit clandestinement associé à une sorte de caoutchouc réputé de qualité meilleure et dont on tirerait un parti peu rémunérateur. Il ne se rencontre qu'au Céara puisqu'il est originaire de Pernambouc, et je n'ai eu aucun renseignement satisfaisant à son sujet; je me propose de l'étudier dans une prochaine exploration.

Un des principaux motifs de mon voyage était d'obtenir des graines des arbres à caoutchouc de ces régions tropicales et d'étudier les moyens de s'en procurer suivant les besoins. Certes, depuis plusieurs années, on a pu tirer de l'Amazonie et de la province de Ceara des graines de ces caoutchoutiers, mais avec beaucoup de difficulté et avec de nombreux aléas. Les graines d'Hevea ne se conservent que peu de temps et doivent entrer en germination presque aussitôt après leur chute de l'arbre, sans quoi l'albumen oléagineux de ces graines s'oxyde promptement et dès lors l'embryon est perdu, tandis que le même inconvénient n'existe pas avec les graines du Céara, qui se conservent plusieurs mois et par cela même leur transport offre plus de sécurité.

Les États du Brésil ne voient pas favorablement l'exportation de ces graines, dont le résultat est de faire naître une concurrence à leur préjudice. Cependant la tolérance existe jusqu'à présent, quoiqu'on soit menacé à courte échéance d'une interdiction totale de l'exportation; mais il faut que des acheteurs attentifs soient sur les lieux pour se disputer ces graines que les Américains, les Anglais et les Allemands cherchent également à se procurer. Autre écueil, si l'acheteur ne surveille pas son achat, ou les graines qu'il fait recueillir, il court le risque de recevoir des graines ébouillantées. Par pure méfiance, un indigène anéantira la vitalité des graines qu'il doit livrer tout en ayant tiré un bon prix de son travail. Avec une expérience qu'il faut acquérir, on arrive à n'être pas trompé mais il faut absolument procéder soi-même à l'achat, à la vérification, à la récolte, s'il est possible, et à l'emballage et expédition desdites

graines, et surtout se trouver dans le pays en temps utile, au moment de leur maturité.

En résumé, j'ai pu, malgré des difficultés nombreuses à surmonter, envoyer en France plus de 100 000 graines d'Hevea et 320 000 graines de manihot, avec une perte nulle pour ces dernières et de 30 pour 100 sur les Hevea, perte sur laquelle il faut toujours compter, et je comprends dans cette perte celle d'un lot entier par accident de voyage.

Du Brésil, je me suis transporté aux Antilles, mais plus spécialement à la Trinidad, où j'avais à étudier les variétés les plus estimées de cacaoyers et à faire provision de graines pour en rapporter en France, ainsi que d'autres graines et plantes utiles, telles que muscades, girofliers, poivriers, vanillers, etc.

Les communications entre le continent brésilien et les Antilles sont peu fréquentes, et du Brésil je n'avais qu'un bateau touchant à la Barbade, où il m'en fallait attendre un autre pour aller à Trinidad. La malchance a voulu que, dans le vapeur qui m'amenait à la Barbade il y eût deux malades atteints de la fièvre jaune et, seul passager à descendre à terre, j'ai dû subir avec mes caisses de graines et de plantes vivantes, une quarantaine de quatorze jours qui fut très préjudiciable à mes affaires et à la cargaison que je transportais.

La Barbade est, comme on sait, une île anglaise où l'on cultive la canne à sucre en grand et sur un terrain très propice à cette culture.

A la Trinidad, j'ai pu voir une superbe colonie en pleine prospérité et faire d'utiles observations. Le point, pour moi, le plus intéressant de cette île était à Port of Spain, le jardin colonial, merveilleusement

installé et contenant tous les végétaux utiles des tropiques, soigneusement étiquetés et classés. La multiplication s'y fait suivant les besoins pour en faire profiter la colonie elle-même, ou les autres colonies anglaises. Ce procédé facilite l'extension des bonnes variétés de végétaux qui ont été obtenues ou multipliées dans ce jardin. Ce que j'avais à faire à la Trinidad était d'étudier le jardin colonial et de me procurer, par échange, des plants et des graines utiles à expédier en France, comme je l'avais fait pour les graines de caoutchoutier au Brésil.

Mes envois et apports ont consisté en : 1 000 plants de vanillers, 1 000 muscadiers, 200 cannes à sucre sélectionnées, 300 poivriers, 30 000 graines de cacaoyers des variétés les plus estimées aux Antilles et au Venezuela et plus de 1 000 graines et plants divers.

L'étude des variétés de cacaoyers, ainsi que des meilleures conditions de leur culture, n'est pas encore complète, tant s'en faut. Les horticulteurs, comme les colons, savent que l'expédition des graines de cacaoyer, dont on veut conserver les propriétés germinatives, est une opération délicate et qu'il faut un certain tour de main et des soins d'emballage spéciaux pour y réussir. Grâce à l'apprentissage que j'avais fait à la maison Godefroy-Lebeux, de Paris, j'étais en mesure de faire des envois dans de bonnes conditions.

J'ai également pu voir à la Trinité le *Miumsops Balata* dont le latex est maintenant aussi apprécié que celui de la gutta-percha, et qui est indigène. Il produit des arbres magnifiques, d'une très grande hauteur et d'un diamètre dépassant quelquefois 1 m. 25. Il n'est pas exploité dans l'île pour sa gomme; son bois, étant très dur et réputé imputrescible, est employé

comme charpente dans les bâtisses et surtout pour faire les traverses de chemin de fer. La gomme produite par le latex de cet arbre vient surtout du Venezuela et des Guyanes et passe en transit à la Trinidad qui est, pour cette raison, souvent indiquée comme le pays d'origine.

Des incisions faites sur les arbres donnent un latex dense, qui coule difficilement et obstrue vite les blessures faites à l'écorce, et qu'il faut constamment aviver pour obtenir une quantité appréciable de latex. Ce dernier se coagule très lentement à l'air au bout de vingt-quatre heures, et donne la gutta employée en grande partie à la confection des câbles électriques et des courroies de transmission.

J'ai pu observer quelques essais de plantations du caoutchouc du Mexique (*Castilloa Elastica*), qui ont donné des résultats tellement encourageants, que le gouvernement colonial de la Trinité a décidé de mettre en culture 200 acres de terrain, de façon à montrer, par des essais en grand, le parti à tirer de cette espèce précieuse.

J'ai rapporté de mon trop court voyage, puisque je n'ai pu y consacrer que cinq mois, bateaux et quarantaine compris, des échantillons de caoutchouc sous les formes diverses, tels qu'on le prend sur les arbres, ou qu'ils sont préparés pour la vente.

Je n'ai pas négligé de rapporter des échantillons de laits d'Hevea, de Manihot, d'Hancornia et de Balata, pour l'étude chimique de ces latex. Je me suis également procuré les instruments servant à la récolte du lait, et, non sans peine, des photographies que j'ai dû faire exécuter exprès dans la forêt.

Enfin, à mentionner un certain nombre de produits

utiles ou de fruits et de graines qui m'ont paru devoir présenter de l'intérêt au point de vue de la botanique économique. Tous les produits et échantillons dont il s'agit, ont été mis à la disposition du Museum d'Histoire naturelle et ils sont énumérés dans la liste ci-jointe.

L'obligation que j'avais à remplir de rapporter moi-même les graines que j'avais collectées ne m'a pas permis de prolonger mon voyage au delà du mois de juillet, mais je suis désireux de repartir afin de réunir les renseignements nécessaires à l'étude complète des caoutchoucs, et de récolter de nouvelles graines.

QUELQUES MÉTHODES

DE

MESURE DES POTENTIELS ÉLEVÉS

A L'AIDE D'INSTRUMENTS

CRÉÉS POUR DE BAS POTENTIELS (*)

Au cours d'une récente étude nécessitant l'emploi de charges électriques à haut potentiel, l'auteur du présent article eut à rechercher s'il n'y avait pas moyen de mesurer ces potentiels en se servant d'instruments faits pour les bas potentiels ; il en résulta la création de deux méthodes à l'aide desquelles le champ d'application d'un électromètre ou d'un galvanomètre balistique peut être élargi presque indéfiniment.

1. L'une de ces méthodes consiste à appliquer la différence de potentiel totale aux bornes de deux condensateurs associés en série et de mesurer la chute de potentiel entre les armatures de l'un d'eux. De cette donnée et du rapport connu des capacités, on déduit la différence de potentiel totale. C_1 et C_2 (*fig.* 1) représentent deux condensateurs (ainsi que leurs capacités) reliés en série, la capacité de cet

(*) *The Electrical Review*, vol. XLIV, du 6 janvier 1899, p. 9.

ensemble étant C ; soit E l'électromètre relié aux deux armatures de C_1, l'armature extérieure étant mise à la terre ; soient enfin V la différence de potentiel totale agissant sur les deux condensateurs et V_1 la chute de potentiel entre les armatures de C_1. Alors, on a, en comprenant la capacité de l'électromètre dans la capacité C_1 :

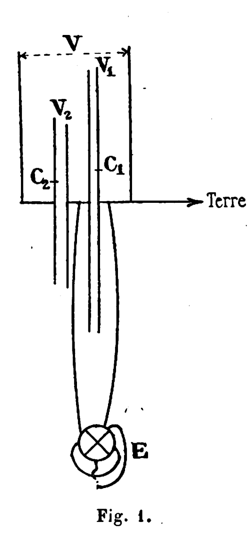


Fig. 1.

$$CV = C_1V_1 = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} V ;$$

d'où

$$V = V_1 \frac{C_1 + C_2}{C_2}.$$

En choisissant convenablement le rapport $\frac{C_1 + C_2}{C_2}$, un électromètre (ou un galvanomètre balistique) peut être employé pour mesurer une différence de potentiel comprise entre ses limites de fonctionnement normal ou au-dessus, sauf le cas où le défaut d'isolement, l'absorption, etc., rendent les indications de l'instrument peu dignes de confiance. Pour qu'on puisse faire fond sur ces indications, le rapport des capacités (qui dépend de l'absorption et de l'isolement) doit conserver pendant les expériences la valeur qu'il avait quand on l'a mesuré. Ce rapport, dans les expériences mentionnées ci-dessus, était de 1/75, ce qui permettait de mesurer avec un électromètre à quadrants de Kelvin une différence de potentiel atteignant 30.000 volts. Bien que cette méthode n'ait pas été employée antérieurement à ce travail, autant qu'il

m'en souvienne, le principe sur lequel elle est basée a été mis en œuvre par lord Kelvin depuis 1885 (*) pour l'étalonnage des voltmètres électriques, etc.

2. La seconde méthode est l'inverse de la méthode bien connue de Faraday pour la comparaison des capacités. Le rapport des capacités étant connu, on peut déduire la différence de potentiel *initiale* de la différence de potentiel *finale*, laquelle peut être rendue aussi faible que l'on veut en réglant ou en choisissant convenablement les condensateurs à employer.

Ainsi, soient C_1 et C_2 (*fig.* 2) les deux condensateurs (et aussi leurs capacités connues) ; ils peuvent être associés en surface au moyen de la clef K ; les bornes d'un électromètre, ou mieux d'un galvanomètre balistique, sont reliées aux armatures de C_1. La différence de potentiel à mesurer V est appliquée aux armatures de C_2 ; C_2 est alors isolé puis immédiatement après relié en parallèle avec C_1. La différence de potentiel primitive V est réduite à V_1, parce que la capacité est devenue $C_1 + C_2$; il se produit une décharge instantanée à travers le galvanomètre B.

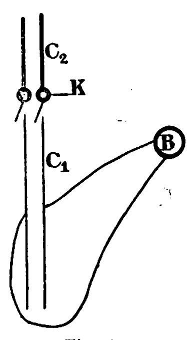


Fig. 2.

Alors, nous avons :

$$C_2 V = (C_1 + C_2) V_1 ;$$

d'où, comme dans la première méthode :

$$V = V_1 \frac{C_1 + C_2}{C_2}.$$

V_1 se déduira facilement de la capacité connue $C_1 + C_2$

(*) *Proc. B. A. A. S. Aberdeen*, p. 907, 1885.

et de l'élongation du galvanomètre. Cette méthode a sur la première un grand avantage, en ce qu'elle est complètement indépendante des causes d'erreur dues au défaut d'isolement et à l'absorption, car l'ensemble des opérations, c'est-à-dire association des condensateurs en parallèle et décharge subséquente sont des opérations pratiquement instantanées.

Samuel J. Barnett, Ph. D.

Colorado College, Colorado Springs.

SUR L'INSTALLATION

DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES

EN SUÈDE

Dans ces dernières années, on a commencé à employer en Suède un nouveau système pour la disposition des appareils dans les bureaux télégraphiques. Auparavant il était d'usage d'installer, en plus des appareils de rechange nécessaires, un récepteur pour chacun des fils sur lesquels le bureau avait à opérer. Un bureau d'une certaine importance avait ainsi un nombre assez respectable de récepteurs, entre lesquels le ou les employés devaient voyager aux occasions de correspondance sur les différentes lignes. Même quand il ne s'agissait que de donner le signal d'attente ou de régler un appareil de translation, l'agent était obligé d'interrompre son travail à l'un des appareils et de courir à un autre, placé peut-être à l'extrémité opposée de la longue table. Il va sans dire qu'une telle disposition était très incommode et qu'elle faisait perdre beaucoup de temps.

L'inconvénient qui vient d'être signalé disparut en partie dès 1890, par l'adaptation aux récepteurs de clés auxiliaires à l'aide desquelles l'employé pouvait émettre des signaux sur toutes les lignes, sans quitter sa place. Une amélioration ultérieure fut réalisée

ensuite par l'enlèvement d'une partie des récepteurs et leur remplacement par des relais translateurs, ainsi que par l'installation de commutateurs pour l'accouplement des lignes avec les appareils.

Ce perfectionnement ayant été très apprécié dans les bureaux où on l'avait introduit, la Direction Générale des Télégraphes de Suède s'est décidée, dans un but d'uniformité, à appliquer à toutes les installations de nouveaux bureaux et à tous les changements de bureaux déjà existants le système susmentionné, dont voici les traits principaux.

Les tables télégraphiques sont construites d'après 5 types différents, suivant le nombre de conducteurs sur lesquels la station a à travailler.

Un distributeur de lignes est employé dans tous les bureaux aménagés selon les schémas Nos 3, 4, 5 et 6, mais il n'est pas indiqué, sur ces schémas, parce qu'on doit se le figurer installé en dehors des tables de manipulation.

Légende pour toutes les figures.

L	ligne.	P	commutateur.
T	terre.	Q	commutateur.
P	pile de ligne totale.	S	sonnerie.
p	pile de ligne réduite.	K	avertisseurs.
l	pile locale.	R	relais.
D	paratonnerre.	M	récepteur.
G	galvanomètre.	N	manipulateur.
A	commutateur.	*n*	manipulateur auxiliaire.
B	commutateur.	Tr	translateur.
C	commutateur.		

Le schéma N° 1 des communications intérieures d'un bureau télégraphique est employé dans les stations desservies par un seul conducteur.

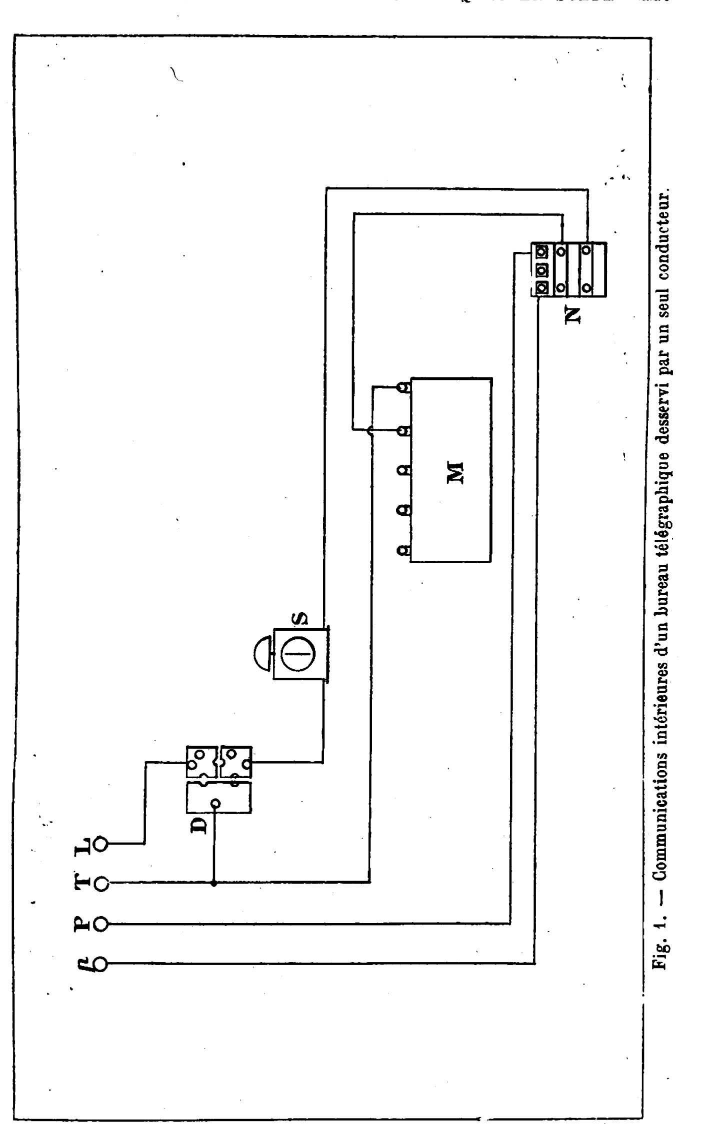


Fig. 1. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par un seul conducteur.

Le fil de ligne est amené à l'un des blocs de ligne

du paratonnerre et pénètre dans le bureau par l'autre bloc de ligne, afin que la ligne puisse être mise à interruption dans le paratonnerre lors des vérifications de la ligne ou du bureau.

Le schéma N° 2 est destiné aux stations intermédiaires avec un fil de ligne traversant le bureau, mais sans conducteurs passant par devant le bureau. Le même schéma est appliqué aux bureaux extrêmes montés d'un seul conducteur et d'une communication avec un bureau de gare.

Le montage est celui en usage pour les tables à deux appareils, toutefois avec les exceptions ci-après :

Les contacts de repos des récepteurs sont reliés aux *leviers* des manipulateurs opposés, afin que les manipulateurs puissent être employés aussi pour les translations (cette disposition est pratiquée partout où il y a des tables de manipulation à deux directions).

Ici — comme partout où il y a des tables de manipulation doubles — le commutateur bavarois ordinaire, dans le but d'opérer plus facilement et plus rapidement les permutations, est remplacé par un commutateur à levier à trois directions, monté sur un socle évidé. La construction de ce nouveau commutateur est représentée par la fig. 7 qui sera donnée plus loin. Les combinaisons correspondant aux trois positions du levier du commutateur sont les suivantes :

Le levier (ou le bouton) en haut = position de poste extrême.

Le levier (ou le bouton) à droite = montage en translation.

Le levier (ou le bouton) à gauche = position de

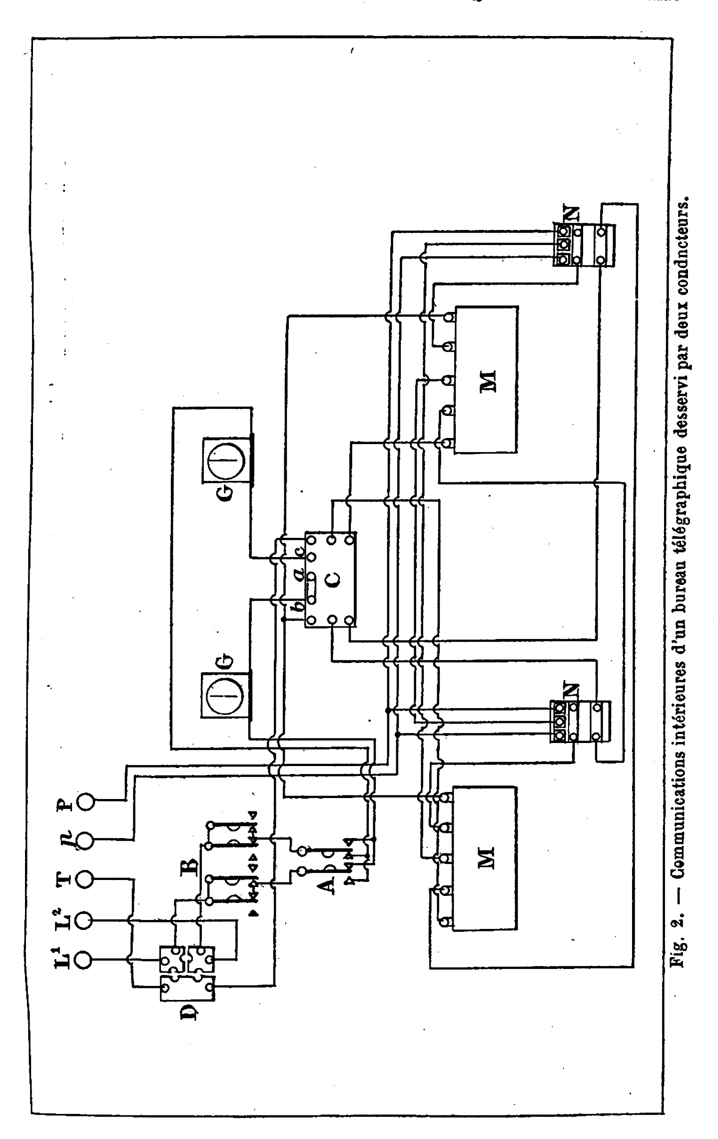


Fig. 2. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par deux conducteurs.

passage ordinaire avec l'appareil de gauche ou de

droite hors du circuit, suivant que la lame de communication relie la borne *a* à *b* ou à *c*.

Le pôle de la pile dirigé vers le sol est mis directement à la terre, et non sur le bloc principal du commutateur, afin d'obtenir l'uniformité à cet égard entre ce schéma-ci et les autres schémas qui comportent des tables de manipulations à deux directions.

Du reste, il est à remarquer, pour ce qui concerne le schéma N° 2, qu'on a intercalé, entre le bloc de ligne du paratonnerre et le galvanomètre, sur chacune des lignes un commutateur B à deux ressorts, au moyen duquel on peut interrompre le circuit quand il en est besoin pour les essais de la ligne. Les deux lignes passent, en outre, par un commutateur A, qui est employé pour la permutation des lignes par rapport aux appareils.

Le schéma N° 3 est destiné à un poste extrême avec *un* fil de ligne et un ou plusieurs conducteurs passants. Il n'est pas considéré comme pratique d'installer un bureau de cette espèce selon le schéma N° 1, car il peut se présenter des cas où, par suite de dérangements de la ligne desservant le bureau, celui-ci est obligé d'entrer sur une ligne passante. Le schéma N° 3 a été dressé en tenant compte de cette éventualité. En règle générale, la ligne desservant le bureau a été mise dans le distributeur, sur le récepteur de la gauche ou de la droite. Le relais R, avec la clé *n*, y appartenant, ainsi que les commutateurs A et C sont laissés sans emploi (le commutateur C avec le levier en haut) aussi longtemps que la station travaille sur sa propre ligne.

Dans le cas où cette ligne serait dérangée, la station entre sur une ligne passante et se change ainsi

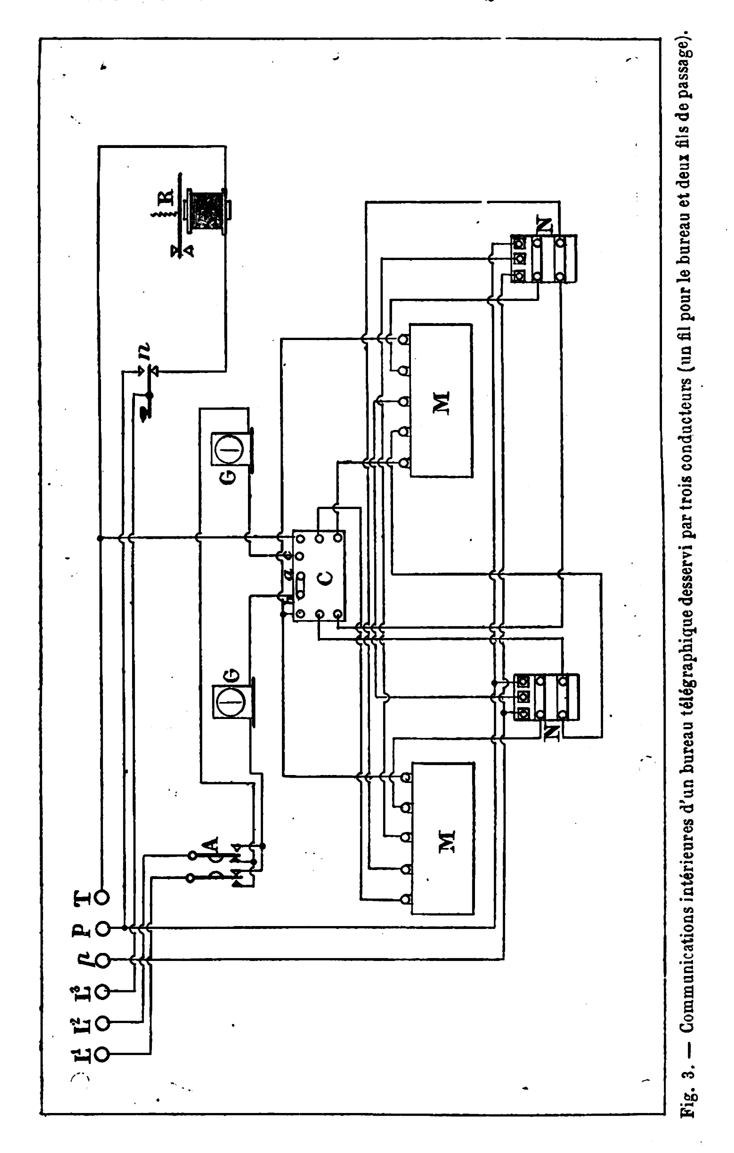


Fig. 3. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par trois conducteurs (un fil pour le bureau et deux fils de passage).

en station intermédiaire. Ce n'est qu'alors que les ap-

pareils qui viennent d'être nommés entrent en usage. Dans l'intervalle la ligne défectueuse est mise sur le relais R, afin que la station puisse s'apercevoir quand cette ligne sera rétablie.

Si les conducteurs de passage pénètrent dans une armoire d'essai, deux fils pouvant être reliés, dans l'armoire, à deux lignes quelconques, partent de cette armoire et entrent dans le distributeur de lignes.

Le schéma N° 4 est employé dans les bureaux qui transmettent sur trois ou plus de trois lignes et dans lesquels il est nécessaire de pouvoir combiner les lignes entre elles de différentes manières.

Dans sa position de repos, c'est-à-dire lorsque la ligne n'est pas employée pour la correspondance, chaque ligne est mise sur un avertisseur K disposé de manière que les signaux arrivants y peuvent être aisément saisis par l'oreille et en même temps facilement vus. Si les signaux sont destinés à la station elle-même, la ligne est mise sur un récepteur inoccupé, en déprimant le commutateur P correspondant à la ligne, qui se trouve à côté de l'appareil. La transmission finie, on laisse monter de nouveau le commutateur.

Par contre, le signal est-il destiné à une autre ligne, celle-ci, de même que la ligne d'où est venu le signal, est reliée à un appareil de translation qui n'est pas en usage pour le moment, ou bien elle est mise sur passage ou sur translation selon le cas, moyennant un commutateur à trois directions monté sur le socle de l'appareil de translation. Les lignes sont reliées à un appareil de translation par l'abaissement des commutateurs Q de la rangée horizontale correspondant à chacun des translateurs qui appartiennent aux lignes en question. Les commutateurs Q d'une seule et même

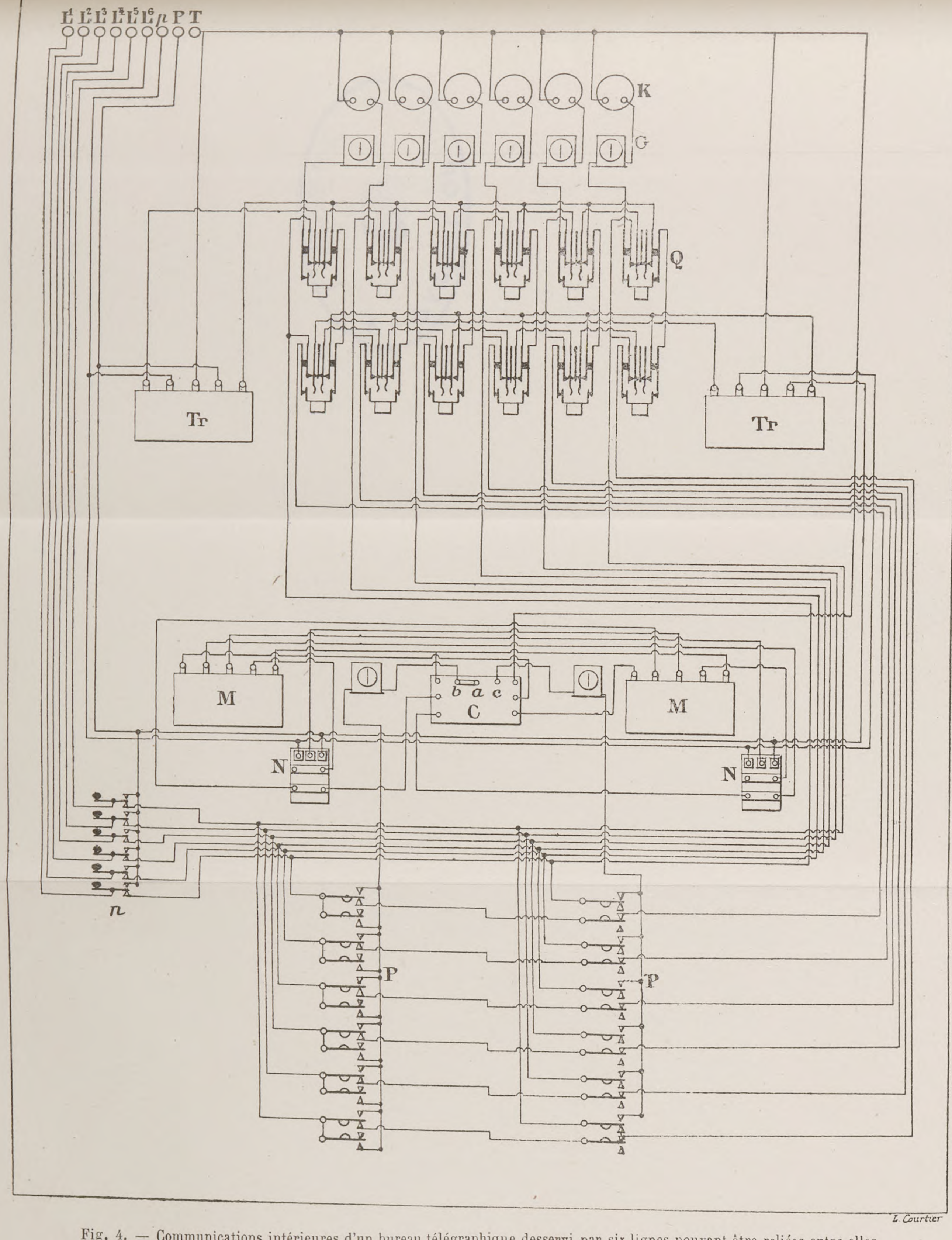


Fig. 4. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par six lignes pouvant être reliées entre elles



rangée sont intercalés de telle sorte que si deux des commutateurs d'une même rangée sont abaissés, le conducteur dont le commutateur est placé plus à gauche arrive à l'électro-aimant gauche du translateur. On n'a donc jamais besoin de se demander de quel côté du translateur on doit retrouver l'un ou l'autre des deux conducteurs reliés au même appareil de translation.

Les petites clés *n* ont été placées dans le circuit sur un point tel que l'on peut les employer aussi quand les lignes sont en translation.

La figure 8 que nous donnerons plus loin fait voir comment le commutateur à trois directions est relié aux différentes parties du translateur.

Les commutateurs P et Q sont installés de manière que les récepteurs ou les translateurs sont accouplés en dérivation avec les fils de ligne, en même temps que les avertisseurs avec les galvanomètres y appartenant en sont découplés. Une ligne qui est reliée à une certaine place de travail ne peut donc pas être prise sur une autre place sans que l'agent s'aperçoive qu'on télégraphie sur la ligne. Toutefois, pour ce qui concerne les commutateurs Q, cette disposition n'ayant pu être appliquée en maintenant les commutateurs à deux ressorts, il a fallu choisir un type un peu plus compliqué pour ces commutateurs.

Sur le schéma N° 4 ainsi que sur le schéma N° 6 on a intercalé dans chaque ligne un galvanomètre G à côté de chaque clapet afin que les signaux arrivants soient aperçus, même si le clapet était réglé pour le moment d'une telle manière qu'il ne rendît pas les signaux. Des opinions différentes ayant cependant été émises sur la nécessité de ces galvanomètres, il y

aurait lieu d'entreprendre des expériences ultérieures à ce sujet dans un ou plusieurs bureaux importants. Dans le cas où il résulterait de ces expériences que les galvanomètres sont nécessaires au bon fonctionnement des appareils, je suis d'avis qu'il faudrait chercher un nouveau type pour ces galvanomètres.

Ainsi qu'il vient d'être mentionné ci-dessus, le schéma N° 4 est destiné aux bureaux pourvus de trois lignes ou plus. Pour les bureaux à trois lignes seulement, par exemple, en sus de la ligne desservant le bureau lui-même, une ligne de passage et une ligne pour un bureau de gare, ce schéma pourrait paraitre, il est vrai, un peu compliqué; mais on a cru qu'il y a lieu tout de même de se baser en général sur ce schéma lors de l'installation des bureaux en question, eu égard aux augmentations futures des bureaux et à la facilité avec laquelle celles-ci s'effectuent dans les stations aménagées selon le schéma N° 4. En effet, ce n'est que pour de tels bureaux avec trois lignes où, selon toute probabilité, de nouveaux conducteurs ne seront pas de longtemps introduits, qu'il peut être question d'adopter une installation plus simple, en conformité avec le *schéma N° 5*.

D'après ce schéma, la station est munie d'une table de manipulation à deux directions complète, dont toutefois l'un des récepteurs est remplacé par un relais, et d'un appareil simple, auprès duquel l'employé a sa place habituelle et auquel il peut relier l'une quelconque des trois lignes au moyen du commutateur P.

D'après *le schéma N° 6*, on installe enfin les bureaux où les lignes sont ordinairement dans la position de poste extrême et où ce n'est qu'exceptionnellement que

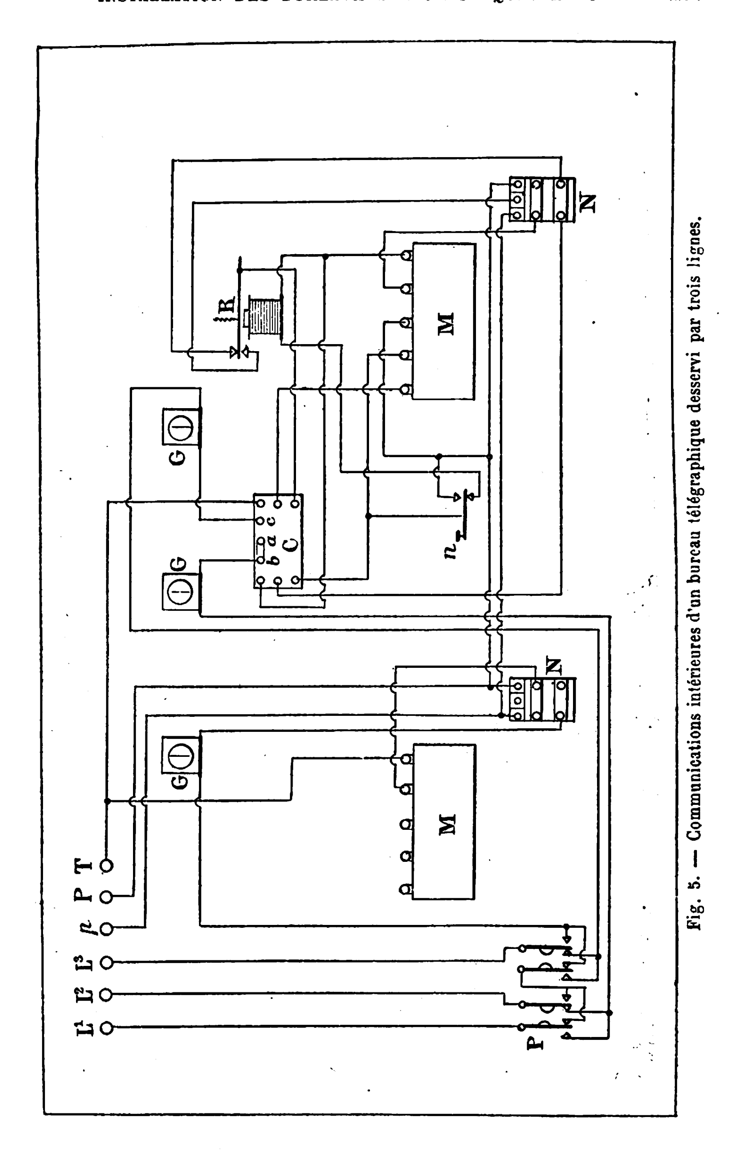


Fig. 5. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par trois lignes.

l'on a besoin de les mettre en communication les unes

avec les autres. Les appareils de translation avec les commutateurs y appartenant sont par conséquent supprimés ici. Du reste, ce schéma diffère du schéma N° 4 en ce que les petites clés entrent dans le circuit sur un autre point et en ce que les clapets sont munis d'un circuit d'alarme, qui est fermé aussitôt que l'armature d'un clapet est attirée. Au moyen du commutateur A, ce fil d'alarme peut être mis à volonté dans le circuit ou hors du circuit.

Quant au *placement des appareils* dans les bureaux télégraphiques à installer, les règles suivantes sont à observer.

On donne aux tables de manipulation une largeur de 750 mm. et une épaisseur de 30 mm.

Les récepteurs sont placés à 1 m. 1 de distance les uns des autres, en comptant de milieu à milieu, à moins que l'emplacement dont on dispose ne mette des obstacles absolus à une telle disposition. Des exceptions à cette règle sont faites pour la distance entre les appareils entre lesquels les commutateurs translateurs sont placés (voir ci-dessous).

Les récepteurs sont placés avec le bord de devant à 340 mm. de distance du bord antérieur de la table. Cette distance est toutefois réduite à 290 mm., si le manipulateur correspondant au récepteur est sans modérateur. Le manipulateur a sa place en avant du récepteur, avec son bord de droite en ligne avec le bord de droite de celui-ci et à une telle distance du bord de la table que la distance de là au milieu du bouton du manipulateur est de 100 millimètres. La clef américaine, s'il y en a une, est placée immédiatement à la gauche du récepteur, en dessous du guide de papier.

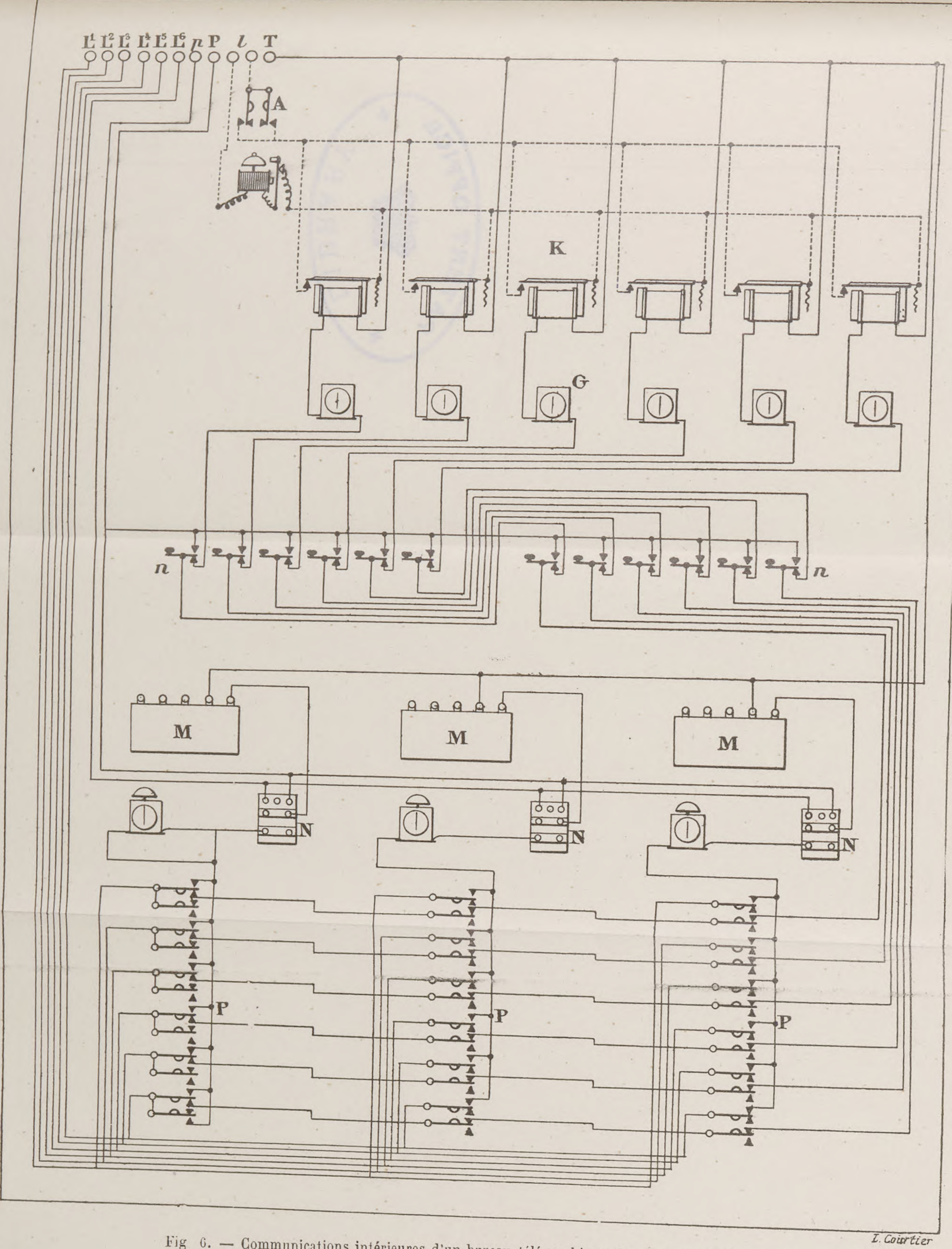


Fig 6. — Communications intérieures d'un bureau télégraphique desservi par six lignes.



Fig. 7. — Commutateur à levier à trois directions.

Le galvanomètre est placé sur la partie postérieure

de la table, avec son extrémité droite en ligne avec l'extrémité gauche du récepteur.

Le commutateur à levier (voir fig. 7), est installé entre les appareils auxquels il est affecté et à peu près à égale distance de l'appareil de gauche et de la passe de la bande descendante de l'appareil de droite.

Les appareils de translation (voir fig. 8) sont montés sur la partie postérieure de la table.

Les commutateurs P ont leur place tout à la droite du manipulateur et sont disposés sur une, deux ou trois rangées parallèles au levier du manipulateur. Les intervalles entre les commutateurs de la même rangée doivent être de 25 mm., de milieu à milieu. Le commutateur antérieur de chaque rangée est en ligne avec le bord de devant du socle du manipulateur.

Un jeu complet de petites clés *n*, se trouve installé sur chacun des intervalles entre les récepteurs. Les clés de chaque jeu sont disposées sur une rangée perpendiculaire à la longueur de la table et ont leur place immédiatement à la gauche de la passe ménagée pour la bande de l'appareil de droite (des deux appareils entre lesquels la rangée de clés est installée). La distance entre les clés d'une seule et même rangée doit être de 30 mm., en comptant de milieu à milieu.

Les commutateurs Q, destinés à établir la liaison avec les appareils de translation, sont disposés, sur les tables, avec deux appareils seulement, devant le commutateur à levier. Sur les tables à plus de deux appareils, l'intervalle entre les appareils à installer sur la partie centrale de la table est augmenté de la longueur nécessaire pour y placer les commutateurs. Si possible, ce champ de commutateurs doit être disposé entre deux appareils qui ne font pas partie de la même

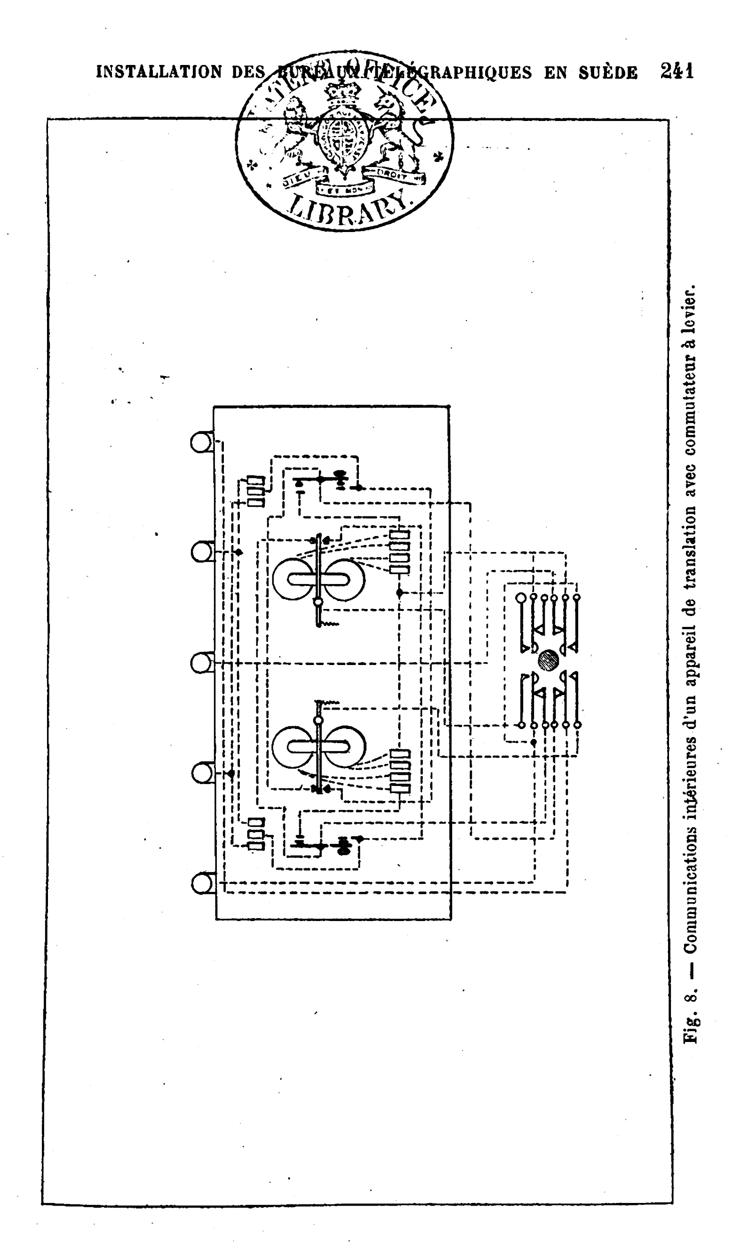


Fig. 8. — Communications intérieures d'un appareil de translation avec commutateur à levier.

table de manipulation à deux directions, de sorte qu'on

n'a pas besoin d'un commutateur. Les commutateurs Q sont disposés sur des rangées parallèles au sens longitudinal de la table, à 25 mm. de distance les uns des autres.

Sur une place élevée derrière ce champ de commutateurs on monte les avertisseurs, en les disposant de telle sorte qu'ils soient visibles de toutes les places de travail. S'ils doivent être munis de galvanomètres, on place ceux-ci au-dessus des avertisseurs.

Pour ce qui concerne le montage des tables télégraphiques à d'autres égards, ainsi que la construction de certains appareils, etc., on se conforme aux règles suivantes :

Pour l'installation des récepteurs, on fixe des vis de serrage dans la table et on amène les fils à ces vis le long de la surface inférieure de la table. Ces vis de serrage sont reliées par des fils courts aux bornes extérieures respectives de l'appareil. Dans l'installation des autres appareils on doit aussi s'arranger de façon qu'on aperçoive le moins possible de fils à la surface de la table de manipulation, attendu qu'ils y sont facilement exposés à des lésions involontaires de la part du personnel de service, et encore mieux du personnel de nettoyage. Quand on construit de nouveaux appareils, les bornes extérieures doivent être disposées de manière qu'une bonne communication puisse être établie entre les fils et les différentes parties des appareils, sans qu'on ait besoin de faire traverser à ceux-là la planchette de la table.

Dans les bureaux à installer selon le schéma N° 4, le nombre des récepteurs est déterminé, en tenant compte non seulement du nombre normal d'employés travaillant en même temps, mais aussi du besoin d'ap-

pareils de réserve qui se présente à certaines dates où l'affluence des correspondances nécessite une augmentation temporaire du personnel, par exemple, aux environs de Noël et du nouvel an. Les avertisseurs et les commutateurs doivent être munis de pièces de réserve pour le rattachement d'un ou deux nouveaux fils. L'adjonction de ces fils n'occasionne pas d'autre changement de la table que l'installation d'un nouvel appareil de translation.

Quand on fabrique de nouveaux appareils de translation, on doit adopter une construction plus simple

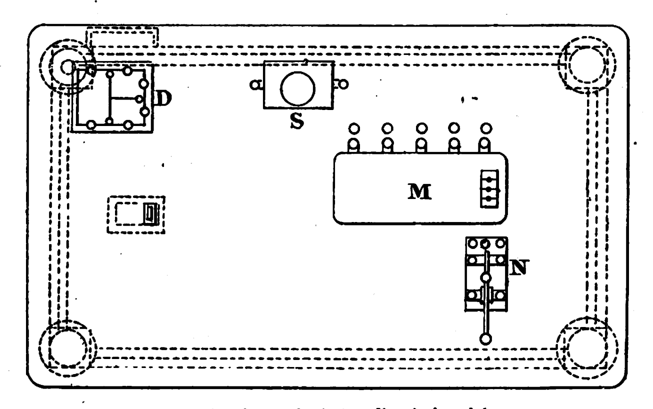


Fig. 9. — Table de manipulation d'après le schéma n° 1.

et moins chère que celle qui est actuellement employée, par exemple quelque chose du genre des relais américains. Les clés auxiliaires peuvent être supprimées. Par contre, on doit disposer, aussi bien sur les nouveaux appareils de translation que sur ceux déjà existants, des commutateurs pour le changement entre la translation et le passage ordinaire.

Les distributeurs de lignes à confectionner devraient être dès à présent composés de springjacks télépho-

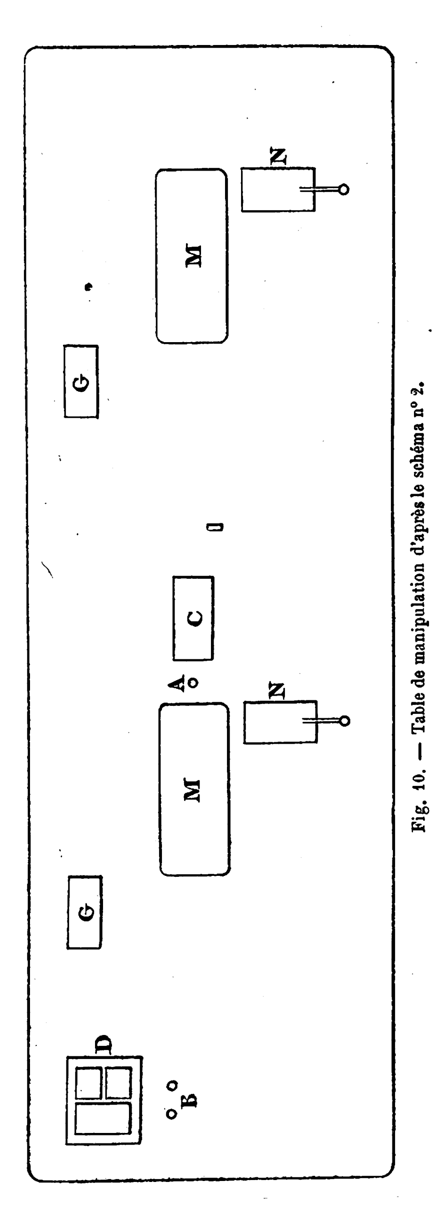


Fig. 10. — Table de manipulation d'après le schéma n° 2.

niques, ce qui les rendrait en même temps moins coûteux et plus sûrs.

Les boutons des petites clés et des commutateurs à levier doivent être marqués d'un chiffre indiquant le numéro d'ordre de la clé ou du commutateur dans la rangée.

Enfin il est à désirer que le réglage de pile soit effectué à chaque manipulateur, au moyen d'un commutateur à levier. On éviterait ainsi l'inconvénient inhérent au commutateur actuellement en usage, et où la pile est mise en court circuit, lorsque deux chevilles y sont engagées — ce qui arrive trop souvent.

D'après des indi-

cations données ci-dessus concernant le placement des appareils, on a fait des dessins de 6 types de table de manipulations, chaque type correspondant à un des 6 schémas de communications des bureaux. Ces dessins sont représentés par les figures 9, 10, 11, 12, 13 et 14.

Toutes les tables sont larges de 750 millim., avec des tablettes de 30 millim. d'épaisseur, le tout conforme aux règles énoncées ci-dessus. De même, la hauteur est égale pour toutes les tables, savoir de 770 millim., à compter du plancher jusqu'au plan supérieur de la tablette. Par contre, la longueur varie selon le nombre des récep-

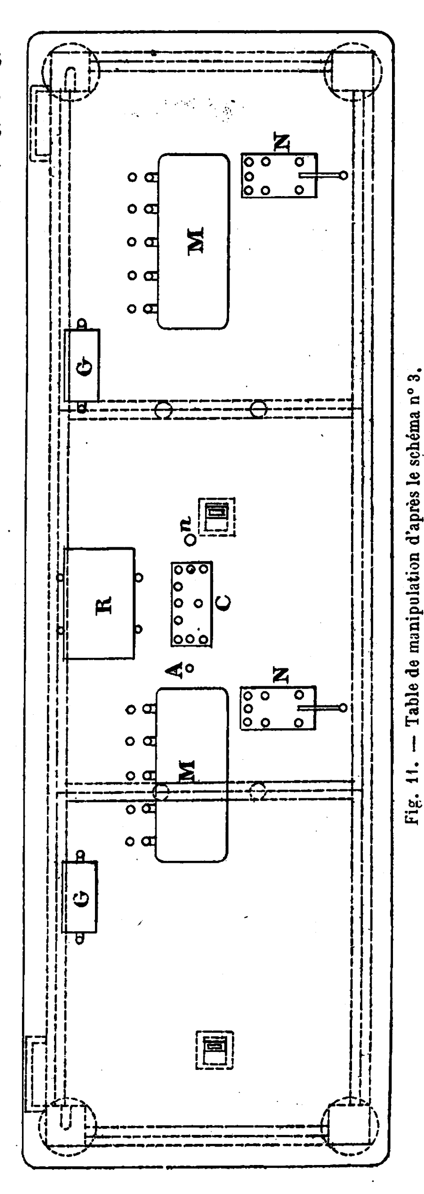


Fig. 11. — Table de manipulation d'après le schéma n° 3.

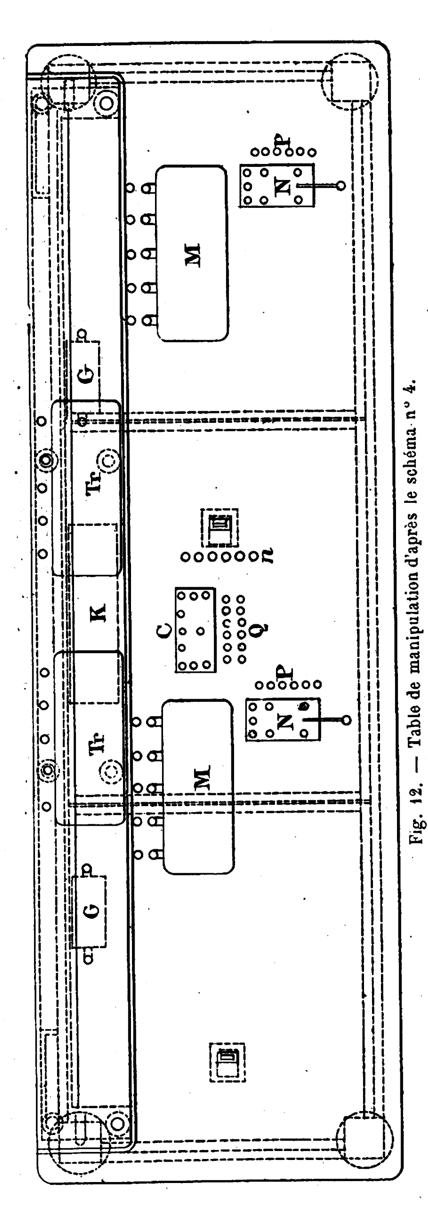


Fig. 12. — Table de manipulation d'après le schéma n° 4.

teurs qui y sont montés, et comporte pour la table N° 1, avec un appareil, 1243 millim. (voir fig. 9); pour les tables Nos 2 (fig. 10), 3 (fig. 11), 4 et 5 (fig. 12 et 13), chacune avec deux appareils, 2344 millim.; et pour la table N° 6, avec trois appareils, 3445 millim. (voir fig. 14). Quant à la table N° 4, le nombre des appareils peut naturellement dépasser deux, ce qui augmente en proportion la longueur de la table.

Pour le montage des fils, des entailles ont été faites le long des pieds postérieurs des tables (à la table N° 1 seulement dans le pied postérieur de gauche). Les fils sont en premier lieu ame-

nés à des serre-fils fixés sur la planche verticale de derrière de la table, tout près du pied par lequel les fils sont montés. Ces serre-fils sont protégés par une enveloppe attachée à la planche postérieure au moyen de crochets. Pour la protection des fils longeant la surface de dessous de la tablette, ainsi que pour les parties d'appareils qui s'y trouvent, comme des commutateurs et des serre-fils, des pliants sont assujettis en dessous de la table au niveau du bord inférieur de la planche de derrière, de sorte que la tablette, le châssis et les pliants forment ensemble un espace renfermé, avec passage

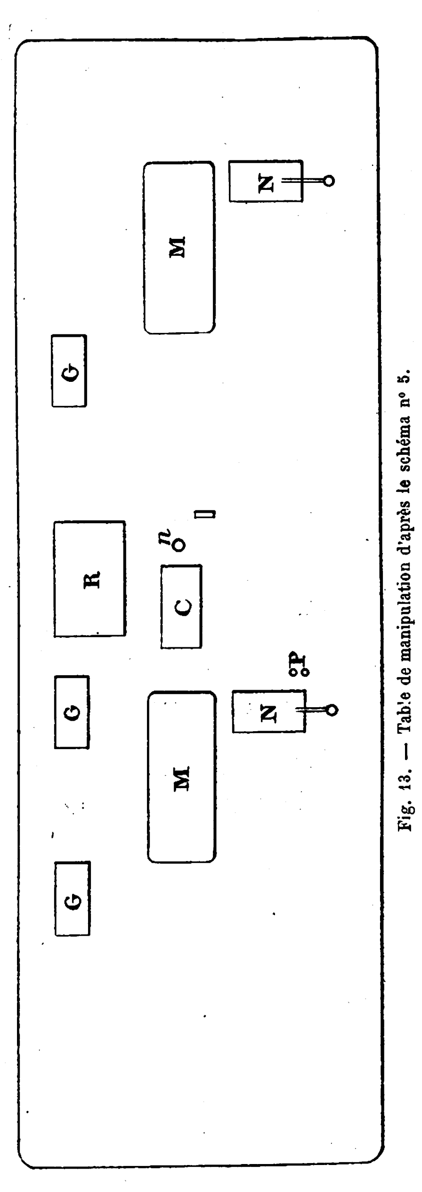


Fig. 13. — Table de manipulation d'après le schéma n° 5.

seulement pour les bandes de papier. De cette manière les commutateurs sont bien à l'abri de la poussière et des avaries.

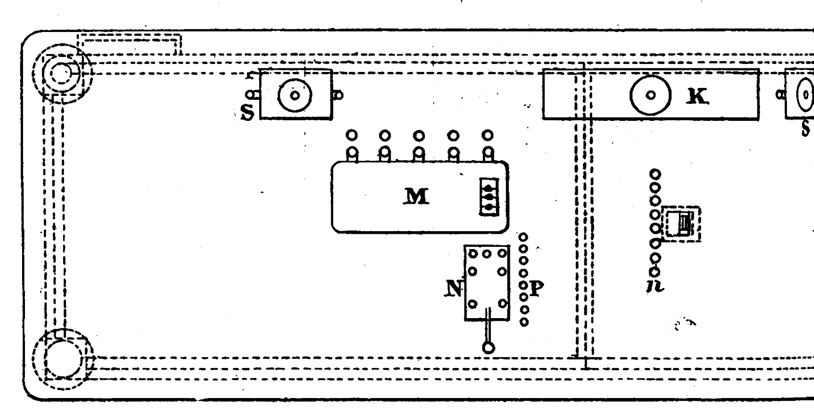
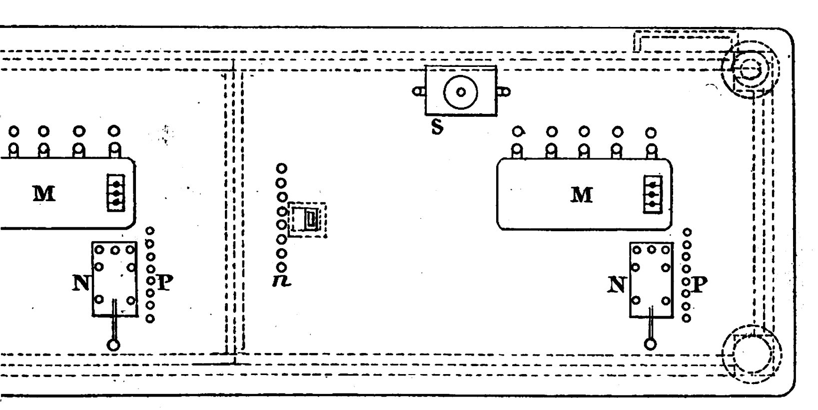


Fig. 14. — Table de mani

Enfin il y a lieu de mentionner que la table N° 4 (fig. 12) est munie d'une étagère s'étendant le long de tout le bord postérieur de la table. Sur cette étagère on dispose les appareils de translation, lesquels ne pourraient guère être placés autrement d'une manière convenable et permettant de les régler avec facilité

depuis les places de travail. Sous l'étagère il y a un canal pour les fils. Étant attachée à ce canal au moyen de crapaudines, l'étagère peut être levée, si l'on veut



d'après le schéma nº 6.

mieux atteindre les fils du canal ou les appareils placés au-dessous de l'étagère (les galvanomètres, le casier des avertisseurs).

Erik Lönnqvist,
Ingénieur à la Direction Générale
des Télégraphes de Suède.

INTERRUPTEUR ÉLECTROLYTIQUE (*)

Quand, avec deux électrodes de surfaces inégales, on envoie à travers un électrolyte un courant électrique de tension sensiblement plus élevée que la force contre électromotrice de polarisation, on voit se produire à l'électrode la moins étendue des phénomènes bien connus de lumière et de chaleur. Cette électrode est appelée « active » par *Lagrange* et *Hoho* (**). C'est sur ce phénomène qui a attiré d'abord l'attention de *Davy*, puis de nombreux autres savants et qui a été étudié d'une façon toute spéciale par Planté, que MM. *Lagrange* et *Hoho* ont basé, dans ces derniers temps, un procédé électrique de soudure et de trempe.

Tous ceux qui se sont occupés de l'étude du phénomène en question ont remarqué qu'il consiste en une lueur non pas continue, mais très rapidement intermittente et qu'il se produit en même temps un bruit de tonalité plus ou moins élevée. MM. *Koch* et *Vüllner* (***) ont confirmé le caractère intermittent de ce phénomène en insérant dans le circuit un téléphone.

Cette particularité du phénomène a conduit à rechercher le caractère que le courant électrique affecte

(*) D. R. P. a.
(**) Lagrange et Hoho, *Lumière électrique*, 1894, vol, 52, p. 113.
(***) Koch et Wüllner, *Wied. Ann.* 45, p. 473 et 759, pc. 1892.

à partir du moment où la lumière se montre. Le courant pourrait être intermittent de deux manières différentes : ou bien l'intensité oscillerait entre deux limites, ou bien il s'agirait d'un courant qui subirait des interruptions complètes, c'est-à-dire oscillant entre zéro et une valeur maximum. Si la seconde hypothèse est exacte, c'est-à-dire s'il y a interruption complète du courant, une bobine d'induction insérée dans le circuit doit fonctionner exactement comme s'il était pourvu d'un interrupteur quelconque.

Dans les expériences ci-après décrites, on a employé une coupe en verre *a* remplie d'acide sulfurique dilué (*fig.* 1). Les deux électrodes consistaient, l'une en une plaque en plomb *b* et l'autre en un fil ténu de platine *c*, plongeant dans le liquide (v. *fig.* 1). Mais le crachement violent qui se produit au passage du courant a conduit à modifier l'appareil de la façon suivante (*fig.* 2) : on a soudé le fil de platine *c* dans un tube en verre *d*, hors duquel il ne fait saillie que sur une longueur de quelques millimètres (*fig.* 2). Grâce à ce tube en verre, on a pu faire pénétrer le fil de platine assez bas dans l'électrolyte pour éviter des projections d'acide. C'est la masse du mercure qui amène le courant au fil de platine. Le courant nécessaire était fourni par une batterie de 60 accumulateurs portatifs. Les bobines d'induction employées étaient au nombre de trois donnant respectivement des étin-

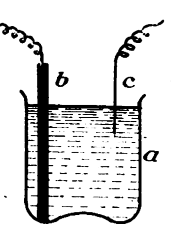


Fig. 1.

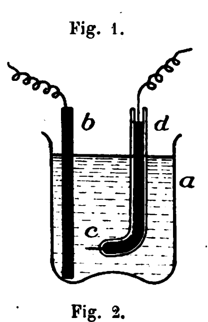


Fig. 2.

celles de 3, de 30 et de 50 centimètres de longueur; pour les actionner, on a aussi employé une dérivation du courant provenant des stations centrales de Berlin.

On s'est servi d'abord de la petite bobine d'induction donnant une étincelle de 3 centimètres; et on a mis dans le circuit, au lieu et place de l'interrupteur en platine, l'appareil ci-dessus décrit (*fig.* 2).

Dans la fig. 3, T est la bobine, G le condensateur, U l'interrupteur, S la source de courant. En augmentant progressivement la tension, on a constaté, au moment où la lumière s'est manifestée sur l'électrode active, un courant faible et irrégulier d'étincelles entre la pointe et la plaque qui formaient les extrémités du circuit secondaire. L'électrode active qui jusqu'ici, comme dans le procédé de soudure de *Lagrange* et *Hoho*, était la négative, s'est très légèrement fondue. On a donc cherché à la transformer en anode. A partir de ce moment, les résultats obtenus ont été surprenants.

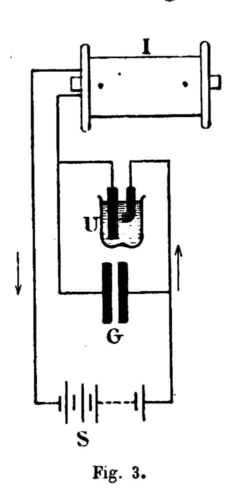


Fig. 3.

Dès qu'on appliquait une minime tension, au moment où la lumière se montrait il se produisait entre la plaque et la pointe du circuit induit un flux d'étincelles qui, avec environ 80 à 90 volts et environ 3 A., se transformait en un arc de lumière d'un jet continu; et cet arc, qui pouvait atteindre une longueur de 7 centimètres, émettait un sifflement intense. Cette expérience fournissait la preuve que le courant subit des

interruptions très parfaites, car autrement les phénomènes décrits ci-dessus n'auraient pu se produire. Cet essai m'a encouragé à appliquer, même avec des bobines de plus grandes dimensions (étincelles de 30 et 50 centimètres de longueur), mon interrupteur électrolytique. — C'est le nom que nous donnerons provisoirement à l'appareil de la fig. 2. — Le résultat a été le même que pour la petite bobine, sous réserve cependant que les effets obtenus étaient proportionnellement plus puissants. Déjà avec six accumulateurs, soit environ 12 volts, le phénomène se manifestait. En utilisant un courant d'environ 6 A., les interruptions étaient déjà aussi nombreuses qu'avec un interrupteur Deprez.

En augmentant la tension, l'on a obtenu des arcs de 28 et de 46 centimètres de longueur qui donnaient un son correspondant à environ 1000 vibrations. Aucun des interrupteurs jusqu'ici en usage, sauf le nouvel et si ingénieux interrupteur à turbine de la *Société générale d'Électricité*, ne permet d'obtenir des flux d'étincelles et des arcs de lumière aussi intenses.

Nous nous bornerons à énoncer ci-après quelques-uns des résultats obtenus jusqu'ici. Quant à la description de toutes les mesures déjà faites, nous la réserverons pour une communication ultérieure et plus étendue.

1. Les interruptions du courant données par l'interrupteur électrolytique sont si nettes que le *condensateur en dérivation sur le circuit inducteur devient absolument superflu.* Le procédé le plus avantageux consiste à insérer simplement en série dans le circuit (*fig.* 4), l'un derrière l'autre, le circuit primaire et l'interrupteur. Quant à la self-induction que l'on évite

d'ordinaire avec le plus grand soin ou que l'on réduit tout au moins dans la mesure du possible, avec le nouvel interrupteur non seulement elle est *absolument inoffensive*, mais encore elle *favorise* même la manifestation des phénomènes lumineux et, par suite, la netteté des interruptions. En l'absence de self-induction dans le circuit de fermeture, la tension nécessaire à l'apparition du phénomène doit être généralement plus élevée.

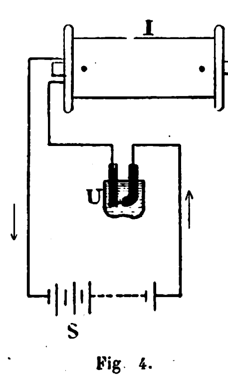


Fig. 4.

2. Le nombre des interruptions *s'accroît quand la tension s'élève.*

La plus basse tension à laquelle le phénomène se produit dépend entièrement des circonstances choisies (électrolyte, électrodes, résistance et self-induction du circuit). En employant l'appareil ci-dessus décrit (*fig.* 2) avec une bobine qui donnait une étincelle de 30 centimètres de longueur, on a obtenu l'apparition du phénomène aussitôt qu'on appliquait la force de six accumulateurs, c'est-à-dire environ 12 volts. Jusqu'ici le meilleur électrolyte a été fourni par de l'acide sulfurique dilué, marquant 20 à 25 degrés Beaumé. Le choix du métal de la cathode n'a pas d'importance. Pour l'anode (électrode active), c'est le platine qui a jusqu'ici donné les meilleurs résultats. On a mesuré, au moyen du stroboscope, le nombre des interruptions : elles se produisent à raison de 200 à 1500 par seconde. Dans certains cas, on a eu des interruptions encore plus fréquentes dont il était impossible de déterminer le nombre au moyen du

stroboscope; la fréquence a été mesurée par comparaison avec le son rendu par des diapasons, et elle a été évaluée à 1 700 interruptions et plus par seconde.

3. *L'intensité du courant s'accroît avec la surface de l'électrode active*. Avec l'appareil qui a été employé, une série de mesures opérées avec des électrodes de diverses grandeurs a invariablement donné une intensité de 0,41 A par m/m^2, lorsque le reste du circuit demeurait sans changement. On peut donc régler l'intensité du courant, non pas en intercalant des rhéostats, ce qui absorbe de l'énergie, mais tout simplement en modifiant la surface de l'électrode active. Naturellement le nombre des interruptions diminue à mesure que l'intensité s'accroît, car la résistance apparente de la bobine d'induction augmente en même temps.

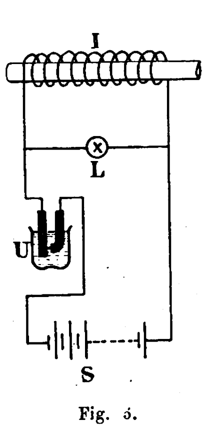


Fig. 5.

4. Si, en dérivation sur le circuit primaire d'une bobine d'induction T (*fig*. 5), on intercale une lampe à incandescence L d'un voltage bien plus élevé que celui de la batterie, cette lampe s'allume et brille. En utilisant le circuit primaire d'une bobine T qui donnait une longueur d'étincelle de 30 centimètres, on a allumé à leur éclat normal :

avec une tension de batterie	de 21 v.	une lampe de 56 v.
— —	de 48 v.	— de 110 v.
— —	de 105 v.	deux lampes de 110 v. disposées en tension.

Pour établir la comparaison, l'on a mesuré en même

temps les tensions aux bornes du circuit primaire de la bobine, au moyen d'un électromètre à quadrant.

Tension aux bornes	
de la batterie.	du circuit primaire.
21 v.	58,5 v.
48 v.	102 v.
105 v.	230 v.

Cette forte élévation de la tension aux bornes d'une bobine rappelle les effets que l'on obtient avec un interrupteur à vide. Ces mêmes effets constituent en outre une nouvelle preuve du caractère parfait des interruptions.

Le grand nombre, ainsi que l'uniformité des interruptions, l'absence complète de tous organes exposés à l'usure, la possibilité de prendre directement le courant sur les fils de lumière (100 à 110 volts) — tout cela rend le nouvel interrupteur électrolytique particulièrement précieux dans les divers cas ci-après.

I. Pour faire fonctionner des bobines d'induction destinées à fournir des étincelles.

a) Les décharges dans l'air atmosphérique consistent ou en un grand nombre d'étincelles brillantes, en des décharges entrelacées et ayant la forme de tissus ou en un arc de lumière très brillant et accompagné d'une forte auréole, arc qui peut atteindre jusqu'à 27 centimètres de longueur avec une bobine d'induction n'ayant que 30 centimètres de longueur d'étincelle normale, et jusqu'à 43 centimètres de longueur avec une bobine donnant une étincelle de 50 centimètres de longueur.

b) Les décharges, dans les gaz raréfiés, sont si

uniformes qu'il est permis d'espérer que le nouvel interrupteur aura une grande efficacité dans l'étude de ces phénomènes. L'appareil en question a déjà donné de bons résultats, spécialement pour la production des rayons Rœntgen. Tout papillottement de l'écrin fluorescent disparaît quand le dispositif expérimental est correctement agencé. La durée d'exposition nécessaire à la pénétration des radiations photographiques (*photographische Durchleuchtungen*) se trouve fort réduite par le nombre considérable des interruptions. Grâce à la possibilité qu'on se trouve avoir ainsi de demander à une bobine donnée de produire plus qu'auparavant, on peut dès aujourd'hui obtenir avec des bobines de petit modèle les effets que des appareils plus forts étaient seuls à donner autrefois. C'est ainsi, par exemple, qu'une bobine de 2 centimètres avec un grand tube Rœntgen (construit pour une longueur d'étincelle d'environ 12 à 15 centimètres) a déjà permis de radiographier les extrémités des membres de personnes adultes. Une bobine de 15 centimètres reliée à un tube (construit pour une longueur d'étincelle de 30 centimètres) a déjà fourni d'excellentes radiographies du thorax et du bassin. Pour de plus grandes bobines, on devra construire les tubes d'une façon plus durable, car les anticathodes sont portées très vite à la température du point de fusion.

II. Dans l'usage des bobines pour des expériences concernant les courants de *Tesla*, le système de télégraphie sans fil de *Marconi*, les ondes *hertziennes*, etc.

III. Dans toutes les expériences qui nécessitent l'emploi d'un courant alternatif.

Si, par exemple, sur un circuit à lumière de 110 volts, on branche l'interrupteur et l'enroulement primaire d'un transformateur T_1 à courant alternatif (*fig.* 6) avec le rapport de transformation 10, l'on n'obtient pas dans le circuit secondaire 1100 volts comme on pourrait s'y attendre, mais bien 2200 volts lesquels, de nouveau transformés dans un transformateur semblable T_2, reproduisent une tension d'environ 220 volts. On assiste donc ici au même phénomène que plus haut pour le circuit primaire d'une bobine d'induction.

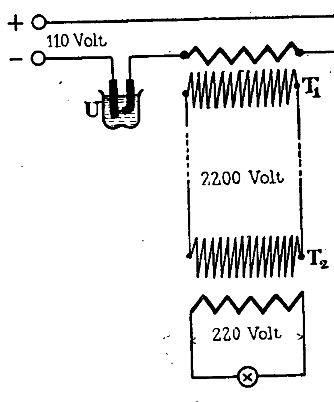
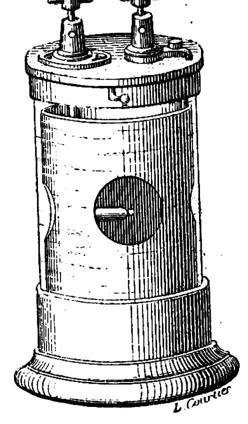


Fig. 6.


Fig. 7.

Une partie des expériences ont été faites dans le laboratoire de la maison Ferdinand Ernecke, de Berlin.

C'est cette même maison qui a entrepris l'exploitation des appareils.

La fig. 18 montre l'interrupteur électrolytique réalisé sous sa forme actuelle.

Dr A. WEHNELT.

Charlottenburg.

(Traduit de l'*Élektrotechnische Zeitschrift*, t. XX, n° 4.)

CHRONIQUE

Documents concernant l'Interrupteur électrolytique du Dr A. Wehnelt.

Interrupteur électrolytique. Note de M. d'Arsonval. — Les hautes fréquences et la production des rayons X ont remis en honneur la bobine de Ruhmkorff. Pour ces deux usages, il faut des interrupteurs rapides, faisant donner d'une façon constante à la bobine le maximum de longueur de l'étincelle.

Les divers expérimentateurs ont repris à cet effet l'interrupteur Foucault, en le perfectionnant de façon que les interruptions se fassent au moyen d'un moteur ou de tout autre appareil mécanique. Malgré l'ingéniosité des moyens employés, les résultats ne sont pas encore satisfaisants et l'on ne dépasse guère vingt à trente interruptions à la seconde.

Je viens de voir, à l'École de physique et de chimie de la ville de Paris, un dispositif installé par M. le professeur Hospitalier, qui sort des données connues et qui semble réaliser l'idéal de l'interrupteur automatique. Ce dispositif est dû à M. le Dr A. Wehnelt, de Charlottenbourg; M. Hospitalier a le mérite de l'avoir fait connaître en France, et je crois rendre un service aux nombreux expérimentateurs que la question intéresse, en le signalant à mon tour à l'Académie.

Le dispositif du Dr Wehnelt donne de ce problème une solution aussi élégante que simple. Il ne comporte aucun organe de mouvement; l'interruption du courant est basée uniquement sur les phénomènes électrolytiques étudiés successivement par Davy, Planté et surtout par notre collègue Violle en collaboration avec M. Chassagny (*).

(*) Voir Violle et Chassagny, *Comptes rendus*, t. CVIII, 1889, p. 284, et pour l'historique de la question : Raveau, *Éclairage Électrique*, t. VI, 1896, p. 481.



Si, dans un vase en plomb, plein d'eau acidulée au 1/10 par l'acide sulfurique, on plonge un fil de platine soudé à l'extrémité d'un tube de verre et correspondant au pôle positif d'une batterie d'accumulateurs de 40 à 110 volts (le pôle négatif étant relié au vase en plomb), le passage du courant fait rougir le fil de platine. Il se forme une gaine lumineuse autour de ce fil et un bruit strident se produit.

Ce bruit semble indiquer que le courant passe d'une façon intermittente : en 1892, MM. Koch et Wüllner avaient prouvé au moyen du téléphone qu'il en est réellement ainsi.

M. Wehnelt, se basant sur ce fait, a eu l'idée d'intercaler, dans le circuit de la cuve électrolytique, le primaire d'une bobine d'induction et il a vu que la cuve constituait le plus parfait et le plus simple des interrupteurs. J'ai répété avec un plein succès l'expérience que j'avais vue au laboratoire de M. Hospitalier. Avec 70 volts, une bobine de Ruhmkorff, dont j'avais enlevé le condensateur et l'interrupteur, m'a donné avec la cuve électrolytique des étincelles de 25 centimètres de longueur, sous la forme d'un trait de feu continu de la grosseur d'un crayon. Le nombre des interruptions, d'après le son rendu et l'examen au miroir tournant, est d'au moins 1700 par seconde.

Avec une petite bobine donnant seulement 4 centimètres d'étincelle, le nombre des interruptions dépasse 3000 à la seconde. Ce nombre dépend de la self de la bobine, des dimensions du fil de platine et de la tension du courant. Les résultats sont excellents avec un fil de platine de $0^{mm},7$ à $0^{mm},8$ de diamètre, dépassant le tube de verre de 18 à 22 millimètres environ, avec la bobine que j'emploie.

Avec ce dispositif, j'ai éclairé une ampoule de Crookes et obtenu des rayons de Röntgen doués d'une fixité et d'un pouvoir de pénétration qui ont beaucoup étonné M. Sagnac, témoin de l'expérience et bien habitué à ces phénomènes. Une radiographie de la main a été instantanée.

Employée sur un de mes appareils médicaux à haute fréquence, la même bobine a donné des résultats au moins dix fois plus énergiques que lorsque je m'en sers avec l'interrupteur Foucault.

Enfin, j'ai eu l'idée de remplacer le courant continu provenant des accumulateurs par le courant alternatif du Secteur de la rive gauche, à 110 volts. Dans ces conditions nouvelles,

j'ai constaté que la bobine fonctionne également bien et, phénomène intéressant, elle illumine l'ampoule de Crookes comme avec le courant continu, ce qui prouve que l'interruption du courant se fait dans un seul sens.

Le nouvel interrupteur est donc en même temps un séparateur de courants, condition précieuse pour la radiographie qui se fera également bien avec le courant continu et avec le courant alternatif, sans rien modifier au matériel.

Mise en rapport avec un effluveur Berthelot, la bobine donne des quantités d'ozone incomparablement plus grandes qu'avec le trembleur ordinaire.

Le nouvel interrupteur permet donc d'obtenir facilement des ondes hertziennes régulières et puissantes; son emploi est tout indiqué pour la télégraphie sans fils.

La courbe d'interruption, examinée au réographe Abraham par M. Carpentier, montre qu'elle est très régulière et qu'il n'y a pas de temps de perdu ni d'oscillations parasites.

Le meilleur tube interrupteur m'a semblé jusqu'à présent être un tube à essai en verre mince, dont le fond est traversé par le fil de platine, *soudé en paroi mince* et noyé dans le mercure. La porcelaine également essayée m'a donné de moins bons résultats, comme durée et comme régularité. J'ai pu remplacer l'eau acidulée par une solution de potasse; l'interrupteur marche également bien et a l'avantage de pouvoir être construit en fer.

Le mécanisme de l'interruption me semble être le suivant; par le passage du courant la pointe de platine rougit à blanc. il y a aussitôt caléfaction, il se forme une gaine de vapeur qui isole l'électrode du liquide et arrête le courant. La vapeur se condense au sein du liquide froid, le courant se rétablit et le phénomène recommence. La preuve en est que l'interrupteur ne fonctionne plus, aussitôt que l'eau acidulée arrive vers 90° C. et que la vapeur ne peut plus se condenser.

Il se dégage également, autour de la pointe de platine, un mélange tonnant d'hydrogène et d'oxygène. Ce dégagement est dû à la dissociation de l'eau par le platine porté au blanc.

Cela explique également pourquoi l'interruption du courant alternatif ne se fait que dans un sens. Quand la pointe de platine est positive, elle rougit plus vite que lorsqu'elle est négative. En admettant que, même dans ce dernier cas il y ait interruption, comme cette interruption se fait beau

coup plus lentement, elle donne naissance à un courant induit de bien moindre tension, qui ne peut franchir la résistance opposée par l'air ou le tube de Crookes à la décharge.

Quoi qu'il en soit, le nouveau dispositif, par sa simplicité, sa régularité, la suppression du condensateur et de tout interrupteur mécanique, rend l'emploi de la bobine de Ruhmkorff possible dans bien des cas. La construction de cette dernière devra évidemment subir des modifications, pour l'adapter à ce nouveau mode d'interruption. Ces modifications devront porter sur sa forme, ses dimensions et surtout sur la nature de l'isolant : comme la bobine donne, avec ce dispositif, des courants analogues aux courants à haute fréquence, il y aura lieu de recourir, comme pour ces derniers, à un isolant liquide ou tout au moins pâteux.

(*Comptes rendus*, 27 février 1899.)

De l'augmentation de l'intensité moyenne du courant par l'introduction du primaire de la bobine, dans le cas de l'interrupteur électrolytique de Wehnelt. Note de M. H. Pellat. — J'ai l'honneur de signaler à l'Académie un fait très curieux qui nous a frappés, mon préparateur, M. Rothé, et moi, en étudiant l'interrupteur électrolytique de Wehnelt.

Nous avions placé, dans le circuit primaire de la bobine (donnant normalement 25 centimètres d'étincelle), l'interrupteur électrolytique et un ampèremètre Carpentier. Or, nous avons constaté que l'intensité moyenne du courant est plus forte, et parfois considérablement plus forte, dans le cas où le circuit contient le primaire de la bobine, que dans le cas où le circuit est fermé sans que ce primaire en fasse partie.

L'expérience était très frappante, faite de la façon suivante :

La force électromotrice étant fournie par une batterie d'accumulateurs de 70 volts environ et le primaire étant dans le circuit, l'ampèremètre marquait 20 ampères; en mettant en court-circuit la bobine par un gros fil de cuivre qui réunissait les fils aboutissant aux bornes du primaire, le courant tombait à 15 ampères, pour reprendre la valeur de 20 ampères dès qu'on rompait le court-circuit et que les étincelles jaillissaient de nouveau entre les extrémités du secondaire.

Mais l'expérience était encore bien plus remarquable en employant une force électromotrice continue de 110 volts (secteur de la Sorbonne).

Dans ces conditions, et avec l'eau faiblement acidulée $\left(\text{environ } \frac{1}{40}\right)$, dans l'auge électrolytique, quand le primaire ne faisait pas partie du circuit, l'intensité moyenne du courant était de 4 à 5 ampères seulement; elle passait au delà de 25 ampères (l'ampèremètre n'était gradué que jusqu'à 25 ampères), quand le primaire de la bobine faisait partie du circuit et qu'une véritable flamme réunissait les deux extrémités du secondaire. En outre, tandis que le fil de platine de l'interrupteur rougissait à peine dans le premier cas, il rougissait violemment sur toute sa longueur dans le second.

Ainsi en introduisant une impédance dans le circuit on augmentait considérablement l'intensité moyenne du courant.

Ce fait, paradoxal au premier abord, n'est pourtant pas en contradiction avec les lois connues de l'induction.

Admettons par approximation, que le coefficient de self-induction L du primaire de la bobine soit constant; désignons par E la force électromotrice constante placée dans le circuit primaire, par R la résistance variable et par i l'intensité du courant au temps t; les lois de l'induction donnent

$$(1)\qquad L\frac{di}{dt} + Ri = E \qquad \text{ou} \qquad idt = \frac{E}{R}dt - \frac{L}{R}di.$$

En désignant par T la durée d'une période, l'intégration donne, pour la valeur moyenne $\frac{1}{T}\int_0^T idt$ de l'intensité du courant,

$$(2)\qquad \frac{1}{T}\int_0^T idt = \frac{E}{T}\int_0^T \frac{dt}{R} - \frac{L}{T}\int_0^T \frac{di}{R}.$$

Or, par suite des fermetures et ouvertures du primaire, la résistance R a une valeur faible et sensiblement constante r pendant un temps θ et une valeur infinie pendant un temps $T-\theta$; de façon que, au moins approximativement, le premier terme du second membre est égal à $\frac{E\theta}{rT}$. Quant au second terme, il est négatif pendant la fermeture du courant,

positif pendant l'ouverture, nul pendant le reste de la période. On peut le transformer ainsi

$$(3)\quad \begin{cases} -\frac{L}{T}\int_0^T \frac{di}{R} = \frac{L}{T}\left[\int_\infty^r \left(-\frac{di}{RdR}\right)_1 dR + \int_r^\infty \left(-\frac{di}{RdR}\right)_2 dR\right] \\ \qquad = \frac{L}{T}\int_r^\infty \left[\left(-\frac{di}{RdR}\right)_2 \left(-\frac{di}{RdR}\right)_1\right] dR \end{cases}$$

de façon que la relation (2) devient

$$(4)\quad \frac{I}{T}\int_\theta^T i\,dt = \frac{E\theta}{rT} + \frac{L}{T}\int_r^\infty \left[\left(-\frac{di}{RdR}\right)_2 \left(-\frac{di}{RdR}\right)_1\right] dR.$$

Or, $-\frac{di}{RdR}$ est positif, mais il peut n'avoir pas la même valeur moyenne lors de la fermeture $\left(-\frac{di}{RdR}\right)_1$ que lors de l'ouverture $\left(-\frac{di}{RdR}\right)_2$.

On sait que $\frac{di}{dt}$ est considérablement plus grand à l'ouverture qu'à la fermeture; l'expérience précédente s'explique si l'on admet qu'il en est de même pour $-\frac{di}{RdR}$; car alors le second terme du second membre de la relation (4) est positif et s'annule avec le coefficient de self-induction L.

Il est très possible aussi que l'introduction du primaire fasse varier θ et T et que le premier terme du second membre soit ainsi modifié.

(*Comptes rendus*, 20 mars 1898).

Sur l'action d'une augmentation ou d'une diminution de pression sur l'interrupteur électrolytique. Note de M. A. Le Roy. — Si l'on dispose un interrupteur électrolytique pour bobine d'induction, suivant les indications données par M. Wehnelt et par M. d'Arsonval, c'est-à-dire en le constituant avec un très court fil de platine formant anode et une large surface de mercure formant cathode, de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à 20-25 pour 100 étant employée comme électrolyte, on observe que cet interrupteur, intercalé en tension dans le circuit primaire d'une bobine d'induction et actionné par le courant d'un secteur à 120 volts, fonctionne normalement selon les indications données par ces savants.

Mais si, par un artifice approprié, on vient à diminuer ou à augmenter la pression de l'atmosphère gazeuse du vase dans lequel est placé l'électrolyte, on constate qu'une diminution de pression croissante provoque l'arrêt des phénomènes d'interruption du courant, en empêchant les phénomènes de caléfaction à l'anode, et qu'une augmentation de pression donne lieu aux mêmes résultats, en laissant accumulés sur les anodes les gaz électrolytiques.

(*Comptes rendus*, 10 avril 1899.)

Quelques conditions de fonctionnement de l'interrupteur électrolytique de M. Wehnelt. Note de M. Paul Bary. — Par l'emploi de l'interrupteur électrolytique de M. Wehnelt on peut observer trois phénomènes très distincts qui dépendent, pour une anode de platine donnée, de la self-induction du circuit, de sa résistance et de la force électromotrice employée.

Avec une faible différence de potentiel, on observe simplement l'électrolyse de l'eau. Si l'on augmente la différence de potentiel, le phénomène change brusquement à une valeur donnée de celle-ci : les gaz qui se dégagent autour de l'anode deviennent lumineux, sans que le platine rougisse, en produisant un bruit très caractéristique; ce phénomène qui a été observé pour la première fois par Fizeau et Foucault (*) est celui qui a été utilisé par le Dr Wehnelt dans son interrupteur. Enfin, en augmentant encore la force électromotrice, on arrive à une troisième phase où le bruit cesse; les gaz dégagés ne sont plus lumineux mais le platine rougit dans le liquide dont il reste séparé en partie par une gaine de vapeur; ce troisième phénomène est celui qui est décrit par MM. Violle et Chassagny (**).

Ainsi que l'a indiqué M. d'Arsonval (***) on peut substituer à la solution sulfurique une solution de potasse; l'expérience m'a montré, en outre, que tous les corps, dont l'électrolyse donnait un simple dégagement d'oxygène au pôle +, pouvaient être indifféremment employés. Dans les expériences

(*) Fizeau et Foucault, *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1844, t. II, p. 383.

(**) Violle et Chassagny, *Comptes rendus*, 1889, t. CVIII, p. 284.

(***) D'Arsonval, *Comptes rendus*, 27 février 1899.

dont les résultats suivent, j'ai employé une solution de chlorure d'ammonium dans l'eau, et je mesurais la fréquence en observant l'anode de l'électrolyseur au miroir tournant. Le résultat de ces expériences est que, pour que le phénomène de Fizeau et Foucault se produise, il faut que la différence de potentiel soit comprise entre les valeurs maxima et minima en dehors desquelles on a ou le phénomène de MM. Violle et Chassagny, ou l'électrolyse simple.

La tension minima est d'autant plus faible que la self-induction du circuit est plus grande, alors que la tension maxima croît avec la self-induction du circuit; de telle sorte que les limites entre lesquelles on observe le phénomène des interruptions se rapprochent quand le coefficient de self-induction diminue; pour une self-induction nulle on ne produit, à aucune valeur de la tension, le phénomène de Fizeau et Foucault et l'on passe directement de l'électrolyse simple au phénomène de MM. Violle el Chassagny, la tension nécessaire pour passer de l'un à l'autre ne dépendant que des dimensions du fil de platine et de la résistance du circuit.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs trouvées dans une série d'expériences, en employant un fil de platine de $0^{m},35$ et dépassant le verre de $11^{mm},5$ de longueur, avec des bobines dont la self-induction variait de 0,0038 à 53 milli-henrys; ce tableau est à double entrée : sur la première ligne horizontale sont portées les différences du potentiel et sur la première ligne verticale les coefficients de self-induction; en regard de ces lignes, sont portées les différentes valeurs de la fréquence. Les lettres ES signifient qu'il y a électrolyse simple et les lettres VC qu'on a le phénomène de MM. Violle et Chassagny.

Coefficients de self-induction en milli-henrys.	Différences de potentiel exprimées en volts.									
	24	36	48	60	72	84	96	120	168	180
0,0038	ES	ES	ES	ES	ES	Marche irrégulière.	VC	VC	»	»
0,062.	ES	ES	ES	ES	2850	3800	VC	VC	»	»
1,09..	ES	Marche irrégulière.	930	1220	1400	1630	1750	1850	VC	»
2,8...	ES	755	945	1140	»	1320	»	»	»	»
11	»	380	»	»	»	760	»	»	»	»
53	ES	122	164	205	245	»	275	330	490	570

Afin de déterminer l'influence de la pression, nous avons fait, M. Gasnier et moi, au laboratoire de M. Hospitalier, quelques mesures de la fréquence, sur un circuit déterminé et constant, pour des pressions réelles variant de 25 à 150 centimètres de mercure. L'appareil tel qu'il était constitué ne permettait pas beaucoup de précision dans la mesure; nous avons trouvé cependant que la fréquence diminuait pour des pressions croissantes un peu moins qu'en raison de la proportionnalité inverse.

M. S. P. Thompson (*) a signalé qu'à une pression de trois atmosphères la fréquence était plus faible qu'à la pression atmosphérique.

M. C. Swinton (**) ayant constaté qu'on ne pouvait mettre en marche l'interrupteur Wehnelt en fermant le circuit par immersion de l'anode dans l'électrolyte j'ai cherché à répéter cette expérience sans succès et j'ai toujours observé qu'il n'y avait aucune différence à établir le courant par immersion de l'anode ou par tout autre moyen.

(*Comptes rendus*, 10 avril 1899.)

Sur le maximum de sensibilité des galvanomètres à cadre mobile.

Note de M. C. Féry.

Ayant eu besoin, dans une série de recherches, de mesurer de très faibles intensités au moyen d'un galvanomètre Depretz-d'Arsonval, je me suis proposé de déterminer le rapport $\frac{r'}{r}$ des résistances du fil de torsion et de la bobine qui met l'appareil dans les conditions du maximum de sensibilité.

L'équation d'équilibre de l'appareil traversé par le courant fourni par une source d'électricité de force électromotrice E

(*) S.-P. Thomson, Lettre adressée le 8 mars 1899 à la Société physique de Londres.

(**) C. Swinton, Communication du 10 mars 1899 à la Société physique de Londres.



et de la résistance intérieure ρ est :

$$(1) \qquad \frac{\mu d'^4}{l'}\delta = \frac{\mathrm{E H} l^2 n}{r + r' + \rho},$$

dans laquelle μ est le coefficient de Coulomb du fil de torsion, d' son diamètre, l' sa longueur, δ la déviation, H l'intensité du champ magnétique, l le côté de la bobine supposée carrée (forme qui donne après le cercle le plus grand couple dans un champ donné pour une longueur constante de fil). Enfin n est le nombre de spires, r la résistance de la bobine et r' celle de la suspension.

Nous savons en outre que :

$$(2) \qquad l' = \frac{\pi r' d'^2}{4\beta},$$

en appelant β la résistivité du fil de suspension.

De même :

$$(3) \qquad \frac{4 l n \alpha}{\frac{\pi d^2}{4}} = r,$$

si α est la résistivité du cuivre de la bobine.

Le poids de la bobine est limité par le diamètre du fil de torsion, car on doit avoir :

$$(4) \qquad \mathrm{VD} = \mathrm{P}\frac{\pi d'^2}{4},$$

P étant la charge que peut supporter le fil par unité de section, V étant le volume du fil de la bobine et D sa densité.

Pour faire intervenir le nombre de tours, écrivons qu'on doit avoir :

$$(5) \qquad \mathrm{V} = 4 n l \frac{\pi d^2}{4}.$$

En combinant les équations (3), (4) et (5), on obtient pour n la valeur :

$$n = \frac{d'}{8l}\sqrt{\frac{\mathrm{P} r \pi}{\alpha \mathrm{D}}}.$$

En remplaçant n par cette valeur dans l'équation d'équilibre et de même l' tiré de l'équation (2), on a, pour expression de δ en fonction des seules variables r et r' :

$$\delta = \left(\frac{\pi^{\frac{3}{2}} \mathrm{E} \mathrm{H} l}{32 \mu \beta d'} \sqrt{\frac{\mathrm{P}}{\alpha \mathrm{D}}}\right) \frac{r' \sqrt{r}}{r + r' + \rho}.$$

Pour un fil de torsion de diamètre donné et des dimensions déterminées de la bobine, on peut appeler K la parenthèse et écrire :

$$\delta = \mathrm{K} \frac{r' \sqrt{r}}{r + r' + \rho}.$$

Cette expression de δ en fonction des résistances r et r', considérées comme *variables indépendantes*, ne comporte ni maximum ni minimum.

Il est donc nécessaire de se donner une autre condition, de façon à voir si la nouvelle fonction de δ présente un maximum :

1° Supposons d'abord $r' =$ const. (fil de torsion donné) :

$$\delta = \mathrm{K}' \frac{\sqrt{r}}{r + r' + \rho},$$

K′ étant une nouvelle constante renfermant r'.

Cette expression représente une courbe du quatrième degré ayant un maximum pour $r = r' + \rho$.

2° Supposons, au contraire, la bobine donnée ($r =$ const.) et proposons-nous de trouver la suspension donnant le maximum de déviation :

$$\delta = \mathrm{K}'' \frac{r'}{r + r' + \rho},$$

équation d'une hyperbole équilatère déplacée parallèlement aux axes des coordonnées.

Le maximum a lieu pour $r' = \infty$.

3° Posons enfin $r + r' = \mathrm{R}$, c'est-à-dire demandons-nous quelles résistances doivent avoir les deux conducteurs constituant le galvanomètre pour une résistance totale R donnée

correspondant à une perte $\frac{E^2}{R}$ consentie dans l'appareil de mesure :

$$\delta = \frac{K(R - r)\sqrt{r}}{R + \rho},$$

Le maximum a lieu ici pour $r' = 2r$.

Conclusion. — Les cas 1° et 3° sont seuls intéressants dans la pratique; en particulier, le dernier va nous permettre de calculer le rapport des déviations qu'on obtiendrait avec l'appareil de laboratoire et un galvanomètre ayant la même résistance totale, construit sur ces données.

Le modèle de galvanomètre couramment employé a pour constantes $r' = 0{,}5$ ohm et $r = 200$ ohms.

Construit de manière à satisfaire le troisième cas, il aurait les résistances suivantes :

$$r' = 132 \text{ ohms}, \quad r = 66 \text{ ohms}.$$

On aura donc comme rapport des déviations de ce dernier appareil au premier :

$$\frac{\delta'}{\delta} = \frac{132\sqrt{66}}{0{,}5\sqrt{200}} = 153.$$

Il ne faudrait cependant pas croire que l'application pure et simple de ces formules permette de multiplier si aisément la sensibilité. Plusieurs causes perturbatrices, dont la plus importante réside dans le magnétisme du cuivre de la bobine, signalé par M. Lippmann, rendraient ces calculs illusoires si l'on ne prenait des précautions propres à les faire disparaître.

On annulerait presque complètement l'effet perturbateur dû au magnétisme de la bobine par l'emploi d'un champ parfaitement uniforme; mais le meilleur remède, indiqué également par M. Lippmann, consiste à rendre égale à l'unité la perméabilité de l'équipage mobile en le garnissant de corps diamagnétiques.

(*Comptes rendus*, 13 mars 1899.)

La mort par les courants électriques

Notes de MM. J.-L. Prevost et F. Batelli.

Courant alternatif. — Nous résumons dans cette note les principaux résultats que nous ont fournis 170 expériences faites dans le laboratoire de Physiologie de l'Université de Genève, sur des chiens, des chats, des cochons d'Inde, des lapins, des rats, que nous avons soumis à des courants alternatifs d'une tension de 5 volts jusqu'à 4800 volts, le courant possédant 45 périodes par seconde.

I. Les courants de haute tension (savoir 4 800 ou 2 400 volts chez le chien; 1 200, 600 ou 240 chez le cochon d'Inde) appliqués pendant une fraction de seconde, une ou deux secondes, de la tête aux pieds, ont produit chez ces animaux des troubles graves du système nerveux : crises de convulsions intenses ou de tétanos avec opisthotonos, perte de sensibilité, prostration générale, arrêt momentané ou définitif de la respiration, perte plus ou moins prolongée des réflexes cornéen et rotulien.

Le cœur offre une accélération des contractions des ventricules avec élévation considérable de la pression artérielle qui dure plusieurs secondes et qui est suivie d'une chute modérée de la pression avec ralentissement du cœur.

Les oreillettes sont arrêtées en diastole pendant que les contractions ventriculaires persistent.

L'animal est en grand danger de mort; mais il peut, dans certains cas, se remettre spontanément, et souvent être sauvé par la respiration artificielle; sans quoi, le cœur se paralyse secondairement, à la suite de l'arrêt de la respiration.

II. Les courants à tension relativement basse, de 120 à 20 volts et même, dans quelques cas, de 10 volts provoquent une crise de convulsions tétaniques si les électrodes sont placées de la tête aux pieds. Ces convulsions ne se montrent pas si les contacts sont sur les bras ou le thorax et si la tension ne dépasse pas 60 volts.

La respiration est alors peu atteinte et se rétablit très vite après l'arrêt des convulsions.

La sensibilité générale n'est que peu affectée ou ne l'est que momentanément.

L'accident qui est le plus important est l'apparition immédiate de *trémulations fibrillaires des ventricules du cœur*, qui surviennent si le contact a duré au moins une seconde. *Les oreillettes continuent à battre*, comme lorsque l'on électrise directement le cœur mis à nu.

L'animal meurt donc de cette forme de paralysie du cœur *avec chute immédiate de la pression*. La respiration continue pendant plusieurs minutes.

La respiration artificielle est alors sans effet favorable, vu cette paralysie du cœur qui, chez le chien, est irrémédiable.

III. On peut, en soumettant l'animal dont le cœur a été mis en trémulations fibrillaires par un courant de faible tension, *voir ce cœur reprendre ses contractions ventriculaires si l'on soumet l'animal à un courant de haute tension* avant que quinze secondes se soient écoulées.

La respiration s'arrête; mais, en entretenant la respiration artificielle, il est souvent possible de sauver l'animal.

Ce résultat est plus facile à obtenir chez le cochon d'Inde que chez le chien, mais nous y sommes aussi parvenus chez le chien.

IV. Chez le *lapin*, on peut signaler, avec des courants à haute tension, des phénomènes analogues; mais, chez lui, le cœur mis en trémulations fibrillaires se rétablit spontanément, et le lapin ne meurt pas par paralysie du cœur, lors de l'application de courants à faible tension.

D'autre part, l'arrêt de la respiration est chez lui, comme chez le cochon d'Inde, plus souvent définitif que chez le chien.

V. Chez le *rat*, comme l'un de nous l'a démontré, le cœur ne peut être mis d'une façon durable en trémulations fibrillaires. Le rat succombe à la paralysie de la respiration et à l'hyposthénisation du système nerveux.

A haute tension on observe aussi chez lui l'arrêt des oreillettes, tandis que les ventricules continuent à battre.

VI. Signalons, en outre, plusieurs phénomènes observés par nous :

1° La paralysie momentanée du nerf vague et du sympathique cervical avec les courants de haute tension;

2° La non-modification des phénomènes décrits ci-dessus par la section préalable des nerfs vagues;

3° La réplétion du cœur par le sang, même dans le cas de courants à tension élevée et de courte durée, qui semble prouver que le tonus vasculaire et les centres vaso-moteurs ne sont pas paralysés;

4° La non-élévation appréciable de la température, si le temps du passage du courant n'est pas prolongé;

5° L'apparition rapide de la rigidité cadavérique dans le cas de courants à voltage élevé;

6° A l'autopsie, absence de lésions macroscopiques constantes et caractéristiques. Cependant l'on constate quelquefois une hyperémie des méninges, mais pas d'hémorragies intra-cérébrales, si l'on a évité l'élévation de température;

7° La *durée* du contact est importante :

La respiration, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus affectée que la durée du contact a été plus longue. Les convulsions et le tétanos généralisé seront d'autant plus énergiques et prolongés que la durée du contact a été plus courte : un cobaye, soumis à un courant de 600 volts pendant deux secondes, n'offrira pas de convulsions à la rupture, tandis qu'il en eût présenté d'énergiques si le courant n'avait duré qu'une fraction de seconde.

Plus le voltage est élevé, plus courte est la durée du contact nécessaire pour faire manquer les convulsions;

8° Le *point d'application* des électrodes offre une grande importance; leur siège différent pouvant faire varier l'apparition de tel ou tel symptôme :

La *respiration* sera atteinte plus facilement et les convulsions plus aisément provoquées si une des électrodes est placée sur la tête.

Quant au *cœur*, le voltage nécessaire pour produire les trémulations fibrillaires est plus faible si le cœur se trouve sur la ligne qui réunit les deux électrodes. Inversement, si le cœur ne se trouve pas sur cette ligne, il pourra être mis en trémulations fibrillaires par des courants de haute tension,

qui, en traversant directement le cœur, ne l'auraient pas paralysé;

9° Quand, à la suite de courants de haute tension, le cœur du chien ou du cochon d'Inde se paralyse consécutivement à l'arrêt de la respiration, le massage du cœur provoque des trémulations fibrillaires, qui manquent en cas d'asphyxie simple, non précédée d'électrocution.

Courant continu. — Dans une note présentée le 13 mars 1899, nous avons résumé les résultats que nous a fournis l'étude de l'action des courants alternatifs sur diverses espèces animales (chien, cochon d'Inde, lapin, rat). Depuis lors, nous avons continué ces recherches en expérimentant l'effet des courants continus sur les mêmes espèces animales.

Ce sont ces expériences qui forment le sujet de la présente note.

Nous nous sommes servis du courant continu qui sert à la distribution de l'énergie électrique dans la ville de Genève. Le pôle positif est représenté par le fil distributeur, le pôle négatif est constitué par le sol. Entre les deux pôles, il existe une différence de potentiel de 550 volts. Pour diminuer ce voltage, nous avons employé un rhéostat à spirale, sur lequel on prenait en dérivation le courant à tension abaissée. Les autres dispositifs des expériences étaient les mêmes que nous avions employés précédemment. En général, l'électrode positive était placée dans la bouche, la négative sur les cuisses bien rasées et dans le rectum.

Le mécanisme de la mort par les courants continus est semblable dans ses grandes lignes à celui que l'on constate avec les courants alternatifs; toutefois, on peut signaler plusieurs notables différences.

Les chiens meurent par paralysie du cœur avec des tensions relativement basses (50 à 70 volts), tandis que la respiration continue encore pendant plusieurs minutes. Les ventricules présentent les trémulations fibrillaires dont nous avons parlé dans notre précédente communication, les oreillettes continuant à battre. Il est, par conséquent, inutile en pareille circonstance de pratiquer la respiration artificielle.

Avec les voltages les plus élevés dont nous disposons

(550 volts), le cœur est arrêté par une seule secousss (fermeture et rupture), la respiration est suspendue pendant plusieurs secondes, puis elle reprend, mais faible et superficielle, et ne tarde pas à s'arrêter.

Pour provoquer les trémulations fibrillaires des ventricules avec un courant continu, il faut une tension d'au moins 50 à 70 volts, les électrodes étant placées dans la bouche, dans le rectum et sur les cuisses, tandis qu'une tension de 10 volts suffit avec le courant alternatif. Mais, tandis qu'avec le courant alternatif la durée du contact doit être au minimum d'une seconde, avec le courant continu une seule secousse (savoir le temps nécessaire pour fermer et ouvrir le courant, soit environ un dixième de seconde) suffit pour obtenir ce résultat.

Chez les cochons d'Inde, le cœur peut aussi être mis en trémulations fibrillaires. Pour produire ce phénomène, il faut un courant d'une tension d'environ 100 volts; mais la paralysie du cœur produite par le courant continu paraît être moins définitive qu'avec le courant alternatif. Assez souvent, le cœur se remet à battre après avoir présenté des trémulations fibrillaires; mais, dans d'autres cas, le cœur s'arrête définitivement, surtout si le voltage n'est pas trop é.evé. Une tension de 200 à 300 volts paraît être la plus favorable pour arrêter le cœur. Il est bien rare, au contraire, que le cœur soit paralysé par un voltage de 550 volts.

Chez le lapin, l'état fibrillaire du cœur n'est généralement que momentané, aussi l'animal ne meurt que rarement à la suite de l'arrêt du cœur. Chez lui, l'arrêt de la respiration ne fut que momentané avec l'emploi des plus hauts voltages dont nous disposions (550 volts). Les lapins, soumis à ces courants pendant plusieurs secondes, se sont remis après une phase plus ou moins longue d'affaissement général.

Chez les rats, le cœur ne peut être mis en trémulations fibrillaires durables. Avec des voltages de 400 à 550 volts, nous avons constaté l'arrêt des contractions des oreillettes pendant une à deux minutes, tandis que les ventricules continuaient à battre.

Chez tous ces animaux la sensibilité paraît être plus fortement atteinte par les courants continus que par les courants alternatifs.

Il en est de même de la respiration : ainsi avec une ten-

sion de 550 volts et avec un contact d'une seconde, le cochon d'Inde et le rat meurent par paralysie de la respiration ; le lapin présente une respiration très faible, mais qui se rétablit peu à peu ; le chien n'exécute que quelques faibles inspirations qui s'arrêtent bientôt, car le cœur est chez lui irrévocablement paralysé.

Dans une communication faite à l'Académie des sciences (4 avril 1887), M. d'Arsonval a affirmé que les courants continus ne sont dangereux que par l'extra-courant de rupture. Or, les courants que nous avons employés ne présentent qu'un faible extra-courant de rupture, notre circuit étant en dérivation sur le courant principal.

Pour étudier l'influence que peuvent offrir les secousses de fermeture et de rupture des courants continus, nous avons employé un rhéostat liquide offrant une résistance de zéro à 15000 ohms.

Ce rhéostat était placé dans le circuit de l'animal et permettait d'augmenter ou de diminuer à volonté la résistance. Nous pouvions ainsi supprimer presque complètement les secousses de fermeture et de rupture. Nous avons obtenu les résultats suivants :

La respiration et la sensibilité se comportent de même qu'il y ait ou non des secousses de fermeture et de rupture.

Les convulsions sont, au contraire, surtout provoquées par la secousse de rupture.

Quant au cœur, les trémulations fibrillaires peuvent survenir sans que le circuit soit fermé ou ouvert brusquement. En voici un exemple :

Chez un cochon d'Inde anesthésié par l'éther, on met à nu le cœur, en pratiquant la respiration artificielle. Les électrodes sont placées dans la bouche et sur les cuisses rasées. On introduit dans le circuit une grande résistance et l'on fait passer le courant. Le cœur continue à battre.

On enlève peu à peu la résistance : il arrive un moment où les ventricules cessent de battre en offrant des trémulations fibrillaires.

Si l'on introduit alors peu à peu la résistance, le cœur reste paralysé et l'animal meurt malgré la respiration artificielle.

Si, au contraire, dans une expérience, disposée de la même manière, on rompt brusquement le circuit, sans introduire

la résistance, les ventricules reprennent souvent leur rythme normal, quand toutefois le voltage est suffisamment élevé (par exemple 460 volts).

C'est là un fait analogue à celui que nous avons constaté avec les courants alternatifs, savoir qu'une excitation violente peut faire cesser les trémulations fibrillaires du cœur.

Chez les chiens, nous n'avons pas pu ranimer le cœur par un courant continu. Il est possible que la cause en soit dans le fait que le voltage de 550 volts n'offrait pas une tension suffisante pour arriver à ce but.

L'examen des tracés de la pression artificielle semble indiquer l'absence d'une excitation vaso-motrice que produisent, au contraire, les courants alternatifs.

(*Comptes rendus*, 13 et 27 mars 1899.)

Dérangement télégraphique dû au sel.

Un dérangement télégraphique bizarre est signalé dans l'Utah, où 6 fils de la ligne directe de l'Orégon ont été mis hors service sur une distance de 8 milles au nord d'Ogden. Lors de la recherche du dérangement, on trouva les traverses et les isolateurs entourés d'une épaisse couche de sel de 1/16 à 1/4 de pouce. Quand elle était humide, cette couche, se reliant à la neige existant sur les traverses formait court circuit.

Au milieu du jour, quand le soleil était ardent, le sel se trouvait séché et les fils pouvaient être employés dans une certaine mesure. Lorsque la cause du dérangement eut été déterminée, une machine à vapeur fut expédiée et, à l'aide d'un long tuyau et d'eau chaude, on enleva par lavage la couche saline. Le sel avait été apporté par les vents soufflant au-dessus du Grand Lac Salé, et comme le sel humide est conducteur de l'électricité, la mise en court circuit des fils s'explique aisément.

(*Journal of the Telegraph*, 20 mars 1899.)



Astronomie et physique du globe. — Observations astronomiques faites sur la côte occidentale de Madagascar.

Note du R. P. COLIN.

I. *Observations astronomiques.* — Un bateau de guerre, *le Pourvoyeur*, m'a transporté dans cinq postes voisins les uns des autres, dont je devais relever les positions géographiques. M. de Masson d'Autume, officier des montres, me prêta son très précieux concours en enregistrant les *top* sur le compteur du bord.

Avec le théodolite Brunner, j'ai déterminé la longitude de quatre stations, par deux méthodes distinctes : le transport du temps, au moyen de deux chronomètres, et les distances zénithales de la lune et d'une étoile de même déclinaison, ou bien les distances zénithales absolues de la Lune.

L'heure locale a été obtenue aussi exactement que possible en observant, matin et soir, une série de hauteurs correspondantes du Soleil et, la nuit, des hauteurs d'étoiles. L'on a déduit ainsi les différences de temps avec Morondava, dernière station à laquelle nous avons rapporté ces longitudes et dont il sera question tout à l'heure.

La longitude par les distances zénithales de la Lune et d'une étoile voisine n'a pas concordé avec la longitude chronométrique; l'écart minimum a été de 24″ à Tsimanandrafozana, l'écart maximum de 4′15″ à Benjavilo. J'admets donc avec réserve les résultats obtenus par cette deuxième méthode.

Enfin, j'ai fixé la latitude des stations par des hauteurs circumméridiennes du Soleil ou d'une étoile, combinées avec des hauteurs correspondantes.

Voici les résultats :

1. *Tomboharana*, 9 mars 1898.

Longitude chronométrique est de Paris.	$2^h 47^m 11^s 9$
	ou 41° 47′ 46″
Longitude par hauteurs de la Lune et de Jupiter.	$2^h 47^m 9^s$
	ou 41° 47′ 15″
Latitude sud par Régulus et *x* Croix.	17° 30′ 3″

2. *Maintirano*, 11 et 12 mars 1898.

Longitude chronométrique est de Paris	2h 46m 51s 3
	ou 41° 42′ 45″
Longitude par hauteurs de la Lune et de l'Épi.	2h 46m 46s 6
	ou 41° 41′ 31″
Latitude sud par β Navire et le Soleil.	18° 9′ 54″

3. *Benjavilo*, 14 mars 1898.

Longitude chronométrique est de Paris	2h 47m 32s 4
	ou 41° 53′ 0″
Longitude par hauteurs absolues de la Lune. .	2h 47m 49s
	ou 41° 57′ 15″
Latitude sud par le Soleil.	18° 59′ 57″

4. *Tsimanandrafozana*, 15 mars 1898.

Longitude chronométrique est de Paris	2h 48m 18s
	ou 42° 4′ 30″
Longitude par hauteurs absolues de la Lune. .	2h 48m 16s
	ou 42° 4′ 6″
Latitude sud par le Soleil	19° 47′ 30″

A Morondava (Nosy Miandroka), où je séjournai quelque temps, j'ai déterminé la longitude ainsi que l'état absolu des chronomètres par la méthode des culminations lunaires, avec un cercle méridien portatif de Brunner. Les observations portent sur une série de dix passages de la Lune au méridien et de 120 étoiles situées sensiblement sur la même déclinaison. Le pilier se trouve dans la cour de M. Samat, commissaire du gouvernement français, à côté du mât de pavillon des Messageries maritimes.

La moyenne des résultats de longitude est de 2h 47m 44s 3 ou 41°56′45″ E. de Paris. La latitude par les hauteurs circumméridiennes du Soleil égale : 20° 17′ 21″ sud.

La longitude de Morondava, remarque M. Bossert, astronome de l'Observatoire de Paris, qui a eu l'extrême obligeance de calculer toutes ces observations astronomiques, reste affectée de l'erreur des corrections lunaires de Newcomb. D'après son jugement très compétent : les observations sont bonnes en général.

II. *Observations magnétiques.* — J'ai relevé la déclinaison dans chacune des stations précédentes, et, lorsque le temps de relâche me le permettait, l'inclinaison et la composante horizontale, avec les instruments magnétiques de Brunner :

LOCALITÉS	DATES	ALTITUDE en mètres	DÉCLINAISON N W	INCLINAISON	COMPOSANTE horizontale, unités C. G. S.
Majunga [1]	14 février 1898.	35	10° 0′ 48″	50° 36′ 52″	0,193 91
Tambobarana [2]	9 mars 1898. .	4	11 47 41	»	0,228 38
Maintirano [3].	11-12 mars 1898.	3	11 19 30	53 29 42	»
Benjavilo [4].	14 mars 1898. .	4	12 34 17	»	»
Tsimanandrafozana [5].	15 mars 1898. .	2	12 24 0	»	»
Morondava [6].	18 mars 1898. .	3	14 4 3	56 23 30	0,236 13

1. Argile rouge mêlée de quartz, à 60 mètres à l'est du fort hova, à l'embranchement du chemin de l'Hôpital.
2. Sable quartzeux; çà et là, quelques scories de fer; à 15 mètres à l'ouest du mât du pavillon.
3. Sable quartzeux; à 100 mètres au nord du débarcadère actuel; à 60 mètres au sud du mât de pavillon des Messageries.
4. Sable quartzeux, placé sur une dune à 100 mètres au nord du poste.
5. Sable quartzeux; à l'angle du chemin qui va de la plage au port.
6. Sable mêlé de limon; à 20 mètres à l'ouest de l'emplacement Samat; dans le lagon, à marée basse.

(*Comptes rendus*, 20 mars 1899.)

Chauffage par l'électricité (*).

M. Lalance a fait à la Société des Ingénieurs civils de France une très intéressante communication sur le *chauffage par l'électricité*.

Tous les appareils sont fondés sur l'échauffement d'un conducteur traversé par un courant. Les fils fins exposés à l'air s'oxydent. Dans les premiers appareils on retardait l'oxyda-

(*) Résumé d'une communication faite à la Société des Ingénieurs civils de France, le 17 mars 1899.

tion, mais sans l'éviter complètement, en entourant les fils d'amiante. Maintenant, le fil est noyé dans une masse non conductrice de l'électricité et empêchant complètement l'oxydation. Le fil, en fer, ferro-nickel ou platine, est replié en forme de sinusoïde pour atténuer les effets de la dilatation linéaire. Après de nombreux essais on a réussi à trouver des émaux ne se craquelant pas et assez élastiques pour que le fil reste à l'abri de l'air. Sur une plaque en fonte dont la face extérieure est garnie de nervures pour augmenter la surface rayonnante, on met une couche d'émail, puis le fil et enfin une seconde couche d'émail. On passe au four quelques minutes. Deux bornes extérieures servent à amener le courant au fil. Le diamètre des fils employés varie de 0,1 à 0,8 mm et la température normale de marche est de 300 à 450° C.

Lorsque l'énergie électrique est produite dans des installations hydrauliques, il est possible d'avoir le courant à un prix tel que le chauffage électrique ne revienne pas plus cher que le chauffage ordinaire. Le chauffage électrique a comme avantages d'être propre, commode, hygiénique, exempt de dangers et d'odeur.

A Paris, les secteurs ne pourront pas vendre l'énergie électrique à moins de 4 centimes l'hectowatt-heure. C'est le prix que M. Lalance a appliqué dans les exemples qu'il a donnés.

Une bouilloire de 1 litre absorbe 500 watts; il faut 1 hectowatt-heure pour faire 1 litre d'eau bouillante, soit une dépense de 0,04 fr.

Un appareil pour chauffer les fers à friser allumé une demi-heure dépense 0,02 fr.

Un chauffe-plat absorbe 250 watts et allumé une demi-heure coûte 0,05 fr.

Un gril absorbe 700 watts; il faut 4 à 5 minutes pour que la surface atteigne 270° et ensuite 3 à 4 minutes pour la cuisson d'une côtelette ou d'un bifteck, soit en tout 7 à 9 minutes et une dépense de 0,04 fr.

On a également réalisé des chauffe-pieds, utiles dans les magasins, cafés, etc. La dépense est de 70 fr. par an et par chaufferette. Ces appareils pourraient être installés de manière que le consommateur paye le courant qu'il consomme.

Les fers à repasser se font avec fils et sans fils. Ils sont utiles quand on a besoin souvent et rapidement de fers chauds, dans une chapellerie par exemple.

Les chauffe-assiettes, dans lesquels des assiettes sont enfermées à l'abri de la poussière, permettent de réduire la main-d'œuvre; on peut les diviser en compartiments et en chauffer un ou plusieurs suivant les besoins.

On emploie également le chauffage électrique pour faire du pain grillé, coût 0,60 fr. à l'heure.

M. Lalance présente ensuite un fer à souder électrique et aborde la question du chauffage des appartements. Peu de progrès réalisés. Les calorifères à combustion lente présentent de nombreux inconvénients. Les chauffages à l'eau et à la vapeur se répandent peu malgré leurs avantages. Le chauffage à l'air chaud est le plus employé, comme commode et économique, malgré la poussière qu'il produit.

A part la question de dépense, le chauffage électrique est le plus commode et le plus parfait. On le produit à l'aide d'appareils ou radiateurs mobiles (Vaudeville de Londres, depuis 1895), ou de radiateurs ou plaques murales ayant chacune un commutateur. Peu d'expériences ont été faites. Pour maintenir une différence de 22° C, entre l'intérieur et l'extérieur d'une maison à chauffer, il faut dépenser 65 watts par m^3. Soit, pour une pièce de 50 m^3, une dépense de 1,3 fr. par heure. Ce chauffage est cher, mais il est hygiénique. M. Lalance cite l'exemple d'une installation fonctionnant depuis trois ans à Paris : une salle à manger de 20 personnes dans laquelle on a installé deux poêles électriques mobiles a causé une dépense moyenne de 165 francs par an. Le chauffage d'une chambre a coûté 41 francs par an.

A Paris on peut compter comme dépense moyenne pour le chauffage des appartements seulement la moitié du chiffre donné plus haut, soit 33 watts par m^3.

En Amérique, les voitures de tramways et les wagons de chemin de fer sont chauffés à l'électricité. Pour le métropolitain, à Paris, il y aura une plaque chauffeuse électrique par chaque voyageur.

Le chauffage électrique est utile également et facilement applicable à bord des bateaux à vapeur.

Lorsqu'il est nécessaire de chauffer et de ventiler à la fois, on dispose dans les bâtiments neufs des gaines où on chauffe l'air pur qui arrive; d'autres gaines servent pour l'expulsion de l'air vicié. Les hôpitaux neufs installés ainsi présentent une température constante, un air plus pur, et par conséquent

des conditions hygiéniques bien meilleures que les vieux hôpitaux dans lesquels, pour renouveler l'air, on ouvre une fois par jour, chaque matin, les fenêtres pendant quelques minutes : la température peut ainsi l'hiver s'abaisser de 10°. M. Lalance montre le schéma d'une application à un vieil hôpital du chauffage électrique combiné avec ventilateurs électriques. On règle la température en variant le nombre de plaques chauffeuses d'un calorifère électrique dans lequel l'air froid arrive en bas et sort chaud à la partie supérieure, après avoir circulé entre les plaques chauffeuses.

Le chauffage électrique combiné avec ventilateurs offre un grand avantage au point de vue hygiénique, lorsqu'un grand nombre de personnes doivent séjourner longtemps dans des pièces telles que salles de réunion, salons, etc. Dans la plupart des cas, on estime que la dépense d'énergie électrique n'atteint pas 2 pour 100 de la dépense totale de la soirée.

M. Lalance parle de l'emploi pour la traction de rhéostats à fil noyé dans l'émail; il montre ensuite un petit rhéostat servant à mettre une lampe à incandescence en veilleuse.

Dans un autre système d'appareils de chauffage, on remplace le fil fin par une couche mince d'or, de platine ou d'argent faite au pinceau sur de l'émail et émaillée ensuite. Ce système paraît mieux convenir que le précédent pour les appareils de valeur.

Dans les trois systèmes précédents, fil dans amiante, fil dans émail, ou couche conductrice mince obtenue au pinceau, la chaleur est produite sans lumière. Aussi on dispose souvent avec les appareils une lampe témoin. D'autres inventeurs ont cherché à obtenir en même temps de la lumière. Dans un de ces systèmes un bâton de silicium disposé à l'abri de l'air dans une ampoule, comme le filament d'une lampe à incandescence, est porté au rouge. On dispose autant de ces bâtons qu'il est nécessaire. On les remplace comme une lampe à incandescence lorsque l'une d'elles est hors service.

Dans un autre système (*), on a supprimé l'ampoule. On constitue un conducteur ayant la conductibilté qu'on désire en mélangeant une poudre métallique à une pâte céramique. On peut même avoir des barrettes dont les extrémités sont

(*) Résistances métallo-céramiques de MM. Parvilléo. *L'Industrie électrique*, n° 172, 25 février 1899, p. 87.



plus conductrices que le milieu, ce qui réduit l'échauffement des pièces d'attache et assure leur conservation.

Le nombre d'appareils de chauffage installés sur le secteur de la place Clichy correspond à 5000 lampes à incandescence.

M. Lalance termine en disant que, la question du chauffage électrique n'étant qu'à son début, il a voulu appeler l'attention des chercheurs sur un moyen nouveau de chauffage offrant de grands avantages.

P. G.

(*L'Industrie Électrique*, 25 mars 1899.)

Transmission d'énergie à haute tension à Provo (Canada).

La transmission d'énergie électrique de Provo au Canada est un exemple des plus hautes tensions utilisées : l'usine de la Telluride C° envoie 700 kw à 55 km sous 40000 volts.

Les expériences faites par la Compagnie avant l'installation avaient montré que la perte par défaut d'isolement croît lentement avec la tension jusqu'à un certain voltage, variable suivant la forme de la période entre 30000 et 60000 volts. Au delà, la courbe de perte s'élève brusquement; avec cette limite, la perte est en grande part due aux isolateurs, au delà de la limite elle est due aux étincelles qui éclatent le long de la ligne.

Pour une tension à peu près sinusoïdale, 40000 volts peuvent être utilisés même dans les conditions atmosphériques les plus défavorables. Pratiquement, le fonctionnement est parfait par les temps secs, mais dans les temps pluvieux il s'est produit des interruptions et des perturbations dues d'ailleurs presque toujours à la rupture des isolateurs.

Avec des précautions convenables, on peut donc employer des tensions de 50 à 60000 volts, mais on ne peut utilement dépasser cette limite, au moins avec des conducteurs nus et aériens. Avec des conducteurs isolés il est probable que les hautes tensions électrostatiques produiraient des altérations.

Il convient d'ajouter que les tensions élevées ne peuvent

être économiques quand l'énergie à transmettre est trop petite, parce que :

1° La perte due au courant de charge de la ligne est à peu près constante, quelle que soit l'énergie transmise;

2° Les dimensions des conducteurs ne peuvent être diminuées au delà de certaines limites, pour assurer leur solidité;

3° Les transformateurs pour de petites quantités d'énergie à très haute tension ne sont pas économiques à cause des grands espaces isolants qu'ils nécessitent. G.

(*Éclairage électrique*, 25 mars 1899.)

Production de forces électromotrices par le déplacement dans le sein d'un liquide soumis à l'action magnétique de masses de conductivités différentes.

Note de M. R. Blondot.

Une cuve en verre, ayant la forme d'un parallélipipède rectangle, a une largeur OX égale à $0^m,18$, une épaisseur OY égale à $0^m,12$ et une hauteur OZ égale à $0^m,23$. On a d'abord versé au fond de cette cuve, jusqu'à une hauteur de $0^m,03$ environ, une solution concentrée de sulfate de zinc, puis on a achevé de la remplir avec une solution très diluée du même sel, en empêchant autant que possible le mélange des deux solutions. Dans chacune des deux faces de la cuve, qui sont normales à OX, est percée une ouverture, élevée de $0^m,04$ au-dessus du fond, et dans laquelle est mastiqué un tube de verre recourbé vers le bas et fermé par un diaphragme de papier parchemin. Ces deux tubes se remplissent de liquide en même temps que la cuve; chacun d'eux plonge dans un verre où plonge aussi une électrode de zinc amalgamé; les deux verres contiennent une même solution de sulfate de zinc, et les deux électrodes sont reliées aux bornes d'un électromètre capillaire.

La cuve est installée dans le champ d'un électro-aimant de façon que les lignes de force les traversent suivant les directions OY, c'est-à-dire normalement à son épaisseur; les

pièces polaires de l'électro-aimant sont formées de deux longs plateaux, de sorte que le champ est sensiblement uniforme.

L'appareil ainsi disposé, les deux électrodes sont au même potentiel, ce qui résulte de la symétrie de système. Maintenant, à l'aide d'une mince lame d'ébonite fixée comme la barre T à un manche de même substance, agitons le contenu de la cuve de manière à mélanger les deux solutions de concentrations différentes, sans que toutefois l'agitation atteigne la surface libre du liquide; aussitôt une déviation de l'électromètre se produit, indiquant qu'une différence de potentiel a pris naissance entre les électrodes; si l'on suspend l'acte du mélange, la déviation disparaît, puis elle reparaît si l'on fait de nouveau fonctionner l'agitateur. La déviation change de sens si l'on renverse le champ magnétique, et s'annule en même temps que lui. Le sens de la différence de potentiel est donné par la règle suivante : un personnage est couché dans la cuve, sur le flanc droit et le visage tourné vers le pôle austral de l'aimant, l'électrode positive est du côté de sa tête. J'ai vérifié que l'agitation ne produit plus aucune déviation une fois que, le mélange étant achevé, le contenu de la cuve est devenu homogène.

Faisons maintenant l'analyse du phénomène :

A l'aide de plans parallèles aux faces de la cuve, divisons l'espace contenu dans celle-ci en parallélipipèdes infiniment petits dx, dy, dz, égaux entre eux. Considérons une section quelconque du liquide par un plan horizontal; soit dx, dy un élément quelconque de cette section, et soit υ la composante verticale estimée de bas en haut de la vitesse du liquide en un point de cet élément. Comme, malgré l'agitation, le liquide occupe toujours la même portion de l'espace, le volume total de liquide qui traverse la section de bas en haut est nul, et l'on a constamment :

$$\iint \upsilon \, dx \, dy = 0.$$

Toutefois, $\int \upsilon \, dx$ ne sera pas nul en général, mais aura des valeurs positives pour certaines valeurs de y, des valeurs négatives pour d'autres, de telle sorte que la somme $\int dy \int \upsilon \, dx$ soit nulle.

Considérons maintenant une couche de liquide comprise entre deux sections horizontales distantes de dz. Soit $dx\,dy\,dz$ l'un des éléments de volume de cette couche; d'après les lois de l'induction, la composante parallèle à OX du flux d'électricité produit dans cet élément par l'induction seule, indépendamment de toute action électrostatique, est, en désignant par H l'intensité du champ magnétique estimée suivant OY, égale au quotient de $H\upsilon dx$ par la résistance de l'élément.

Cette résistance est, en désignant par λ la conductivité du liquide, $\frac{dx}{\lambda dy\,dz}$, et, par suite, la composante du flux peut s'écrire $H\frac{dz}{dx}\lambda\upsilon dx\,dy$. Je vais montrer que la somme des quantités analogues, étendue à tous les éléments de la couche, a le même signe que H. Comme dx et dz sont constants et positifs, il suffit de montrer que l'intégrale $\iint\lambda\upsilon\,dx\,dy$, étendue à toute la section, a une valeur positive; pour cela, remarquons d'abord que, puisque l'agitation a pour résultat de rendre le liquide plus homogène, il s'ensuit que les portions qui montent sont, en moyenne, plus concentrées que celles qui descendent, et que, par suite, pour les éléments où υ est positif, λ est, en moyenne, plus grand que pour ceux où υ est négatif.

Maintenant, pour passer de l'intégrale $\iint\upsilon\,dx\,dy$ à celle dont nous nous occupons actuellement, il faudra en multiplier les différents éléments par les valeurs correspondantes de λ: les éléments positifs seront ainsi multipliés par des facteurs plus grands, en moyenne, que ceux par lesquels seront multipliés les éléments négatifs et, par suite, le total, qui était nul, deviendra positif.

Il s'ensuit que la somme qui, étendue au volume total de la cuve, représente le flux total d'électricité produit par l'induction exclusivement, à travers tout le liquide, parallèlement à OX, a une valeur positive si H est positif; en d'autres termes, l'induction tend à produire un déplacement d'électricité positive vers les X positifs, et d'électricité négative dans le sens opposé. Au début de l'agitation du liquide, ces déplacements ont lieu sans obstacle, puis l'accumulation des charges qui en résulte donne naissance à des forces électri-

ques opposées aux forces électromotrices d'induction et qui en diminuent les effets dans le sein du liquide. Ces mêmes charges, d'autre part, élèvent le potentiel vers l'une des électrodes et le diminuent vers l'autre. Telle est la cause des déviations observées à l'électromètre.

Le phénomène obéit à une loi analogue à la loi de Lenz; il est en effet aisé de voir que, si l'on réunit les électrodes par un fil conducteur, le courant qui prend naissance par l'agitation, ayant une densité plus grande dans les portions les plus conductrices du liquide, l'action électromagnétique qui en résulte s'oppose au mélange.

Le phénomène décrit précédemment doit certainement se produire dans le sein de la mer et, en particulier, en aval de l'embouchure des fleuves, par le mélange d'eaux de salures différentes dans le champ magnétique terrestre; on peut même penser qu'il acquiert, dans ces conditions, une intensité notable en raison de l'étendue considérable du milieu qui en est le siège.

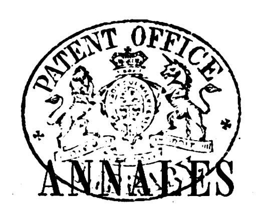
Si, au lieu de mélanger artificiellement les deux liquides, on les laissait se diffuser spontanément l'un dans l'autre dans le champ magnétique, obtiendrait-on encore des forces électromotrices transversales? Cela peut paraître probable, bien que la théorie exposée plus haut ne puisse être appliquée en toute rigueur à ce cas, puisqu'il n'est pas certain que la diffusion soit assimilable à une sorte de limite du mélange. Le phénomène serait probablement trop petit pour être observable.

(*Comptes rendus*, 10 avril 1899.)

4.12.99

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod.

41.015. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1899. Juillet-Août

DÉTERMINATION RAPIDE ET SUR PLACE DE LA POSITION PRÉCISE D'UNE PERTE DANS UN CABLE TERRESTRE

MÉTHODE DE M. BARBARAT, INGÉNIEUR DES TÉLÉGRAPHES

Les *Annales télégraphiques* ont signalé (*) un procédé employé par M. E. Gérard pour localiser dans un câble à lumière isolé, sans couper ce câble, une perte à la terre. On pouvait espérer que la méthode serait aisément applicable aux câbles téléphoniques. Mais l'application du procédé pour la recherche d'une perte dans les câbles souterrains semble des plus aléatoires, si nous en croyons de nombreuses expériences que nous avons eu l'occasion de faire sur des câbles à revêtement de plomb du réseau téléphonique et télégraphique de Paris où nous ne pouvions em-

(*) 3e série, t. XIII, 1886, p. 484.

ployer de courants trop énergiques. Ces câbles sont groupés en paquets soutenus par des crochets ou déposés dans de grosses gaines en tôle de fer placées dans les égouts. Si, à l'extrémité A de la section de câble reconnue défectueuse par les procédés ordinaires, on coupe le fil sur lequel existe la perte à la terre et qu'on isole l'autre extrémité, on peut con-

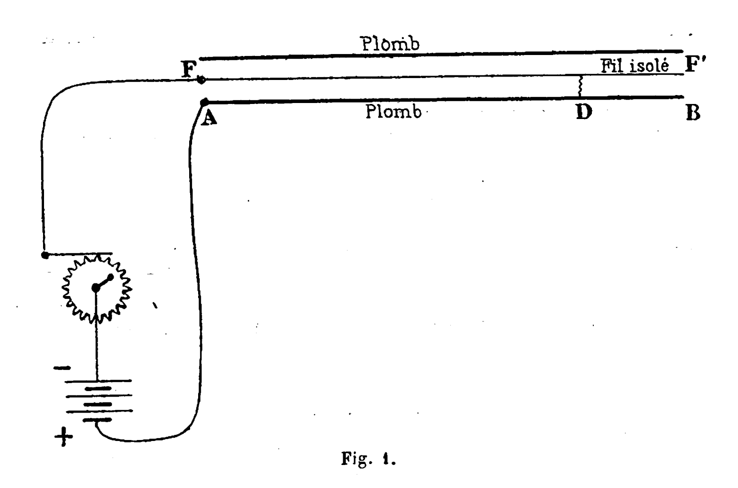


Fig. 1.

stater ceci : en envoyant dans le fil un courant intermittent fourni par une pile dont l'un des pôles communique à la terre, puis suivant le câble à l'aide d'une bobine dont l'enroulement est maintenu parallèle à lui et se trouve relié à un téléphone, on entend dans celui-ci un son continu correspondant aux interruptions de courant; le circuit de la bobine joue le rôle de circuit induit.

Mais, contrairement à ce qui se passait pour le câble à lumière sur lequel avait opéré M. E. Gérard, le son ne cesse pas lorsque l'on a franchi le défaut et se prolonge beaucoup au delà sans changement appré-

ciable. Il devient dès lors impossible de préciser la position de la perte. Le courant se ferme entre la perte et le second pôle de la pile par tout l'ensemble des enveloppes métalliques du faisceau de câbles ; il y a là une mise à la terre générale par une surface considérable. D'autre part le téléphone, ceci est un fait d'expérience, donne un son quel que soit le câble suivi avec la bobine.

A la suite de ces constatations, M. Barbarat fut amené à modifier comme suit la manière d'opérer.

Ayant déterminé d'abord par les procédés connus la section dans laquelle se trouve le défaut, on ouvre le câble aux extrémités de cette section en faisant glisser les manchons.

Une nouvelle expérience fait connaître l'extrémité de la section la plus rapprochée du défaut et permet ainsi de n'isoler de la masse des autres câbles, comme il va être dit, que la portion la plus courte du câble atteint.

Soit (*fig.* 1) AB le câble et D le défaut ; on isole la partie DB du câble en la suspendant aux équerres par du ruban tanné ou en la soutenant au moyen de tasseaux en bois ; l'important est que la partie DB soit isolée de la terre dans toute sa longueur. On coupe et on isole à l'extrémité B le fil mauvais. En outre, on raccorde alors le pôle + d'une pile de faible résistance intérieure sur l'enveloppe de plomb, à l'extrémité A la plus éloignée du défaut, l'autre pôle étant raccordé au fil mauvais F en traversant un interrupteur.

On envoie alors des courants interrompus dans le circuit formé par le fil FD, le défaut D et la portion DA de l'enveloppe de plomb du câble. En promenant

une bobine munie d'un téléphone le long du câble, on perçoit nettement les différences d'intensité du courant qui passe sur le fil et sur le plomb.

Entre F et D l'on perçoit nettement les interruptions, au delà de D vers B on observe le silence absolu.

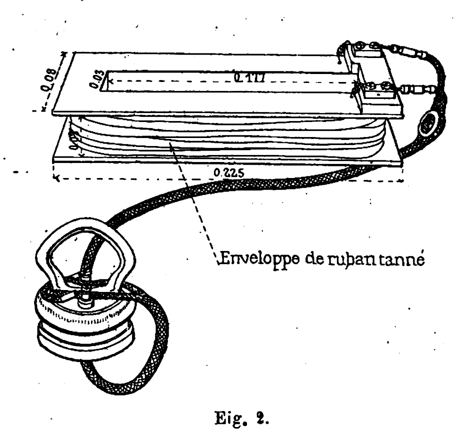


Fig. 2.

La bobine est rectangulaire (fig. 2) et en employant successivement le grand, puis le petit côté et en dernier lieu un angle, on arrive en un instant à déterminer la position du point D à un centimètre près.

L'interrupteur est une roue correctrice d'appareil Hughes que l'on tourne à la main avec une petite manette isolante et dont les dents frottent contre une lame d'acier flexible.

La bobine d'induction servant aux recherches a 1700 à 1800 tours de fil de $0^{mm},3$ (diamètre du fil nu) enroulé sur une carcasse en bois. Sa résistance est de 200 ohms. Un téléphone Aubry est relié à ses extrémités.

Le procédé très sûr ci-dessus ne s'applique qu'aux câbles dont la partie DB peut être suspendue et isolée des corps environnants. Cette suspension, dans bien des cas très difficile, est parfois impossible. C'est dans l'un de ces derniers cas que j'ai été amené à utiliser une observation que j'avais faite pendant les nom-

breuses recherches auxquelles j'ai eu l'occasion de me livrer. Le fil suit, dans l'intérieur du câble, une hélice dont le pas est régulier, tandis que la bobine promenée le long du câble par l'opérateur suit une génératrice du tube en plomb formant enveloppe ; cette bobine se trouve donc successivement à

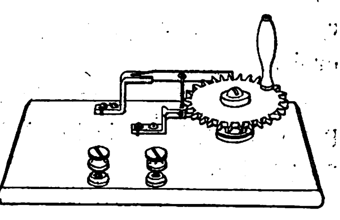
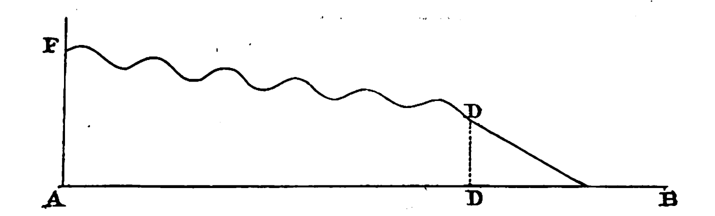


Fig. 3.

des distances variables du fil qui se représentent périodiquement avec la même valeur à des intervalles égaux à la longueur du pas de l'hélice. On constate donc un rythme régulier : l'intensité du son décroît d'ailleurs de A à D. Les variations du son entre ces deux points pourraient être représentées par une sinusoïde inclinée dont le point le plus haut serait du



côté de A et qui va en baissant vers D. Vers le point D, le courant de retour ne s'est pas encore diffusé dans la masse avoisinante, tandis qu'en arrivant vers A la diffusion est complète.

Dans le cas où l'on ne peut suspendre le câble et où il reste par exemple avec les autres sur les équerres, on constate qu'après avoir dépassé D vers B, le son *rythmé* précédent est remplacé par un son *continu*

plus faible et décroissant à partir du défaut. Pour en déterminer la position, on recherche alors non pas le point d'extinction du son, mais le point où l'audition rythmée est remplacée par l'audition régulière et décroissante.

Cette dernière méthode présente l'avantage de ne pas obliger à sortir le câble de ses supports et à le suspendre.

J. Garraud.



LE SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE

PENDANT LA CAMPAGNE DE CUBA (*)

Dans son numéro de décembre 1897, le *Mémorial espagnol des ingénieurs de l'Armée* nous fournit d'importants renseignements sur l'organisation du « bataillon de télégraphistes de Cuba » et sur le service que ce bataillon a dû fournir en 1896 et 1897. Il nous a paru intéressant de résumer ici l'article correspondant du numéro susvisé.

En mai 1895 on forma à Cuba une compagnie de télégraphistes en vue de l'établissement de communications optiques; au mois d'octobre suivant, on en forma une seconde; dans les premiers mois de 1896, deux autres compagnies de télégraphie optique furent formées en Espagne et envoyées à Cuba. Ces quatre compagnies ébauchèrent sérieusement déjà le bataillon de télégraphistes. Enfin, en octobre de la même année, deux autres compagnies, une de télégraphie optique et l'autre de télégraphie électrique, furent encore organisées en Espagne et envoyées à Cuba où le bataillon précité fut définitivement constitué à l'effectif de six compagnies. Les cinq premières étaient exclusivement affectées à la télégraphie optique et la

(*) Traduit de la *Rivista d'artiglieria e genio* (Revue italienne de l'artillerie et du génie), par M. Baboulet, inspecteur-ingénieur.

La campagne de Cuba à laquelle il est fait allusion est celle que les Espagnols entreprirent contre les insurgés cubains en 1896 et 1897.

sixième à la télégraphie électrique. Le personnel du bataillon comprenait 37 officiers, 1136 sous-officiers, caporaux et soldats. Les chevaux et mulets étaient au nombre de 98.

Le 18 août 1895, on se mit à l'œuvre en vue d'effectuer l'installation des postes; ce travail ne subit pas d'interruption, de telle sorte qu'en mai 1895 le réseau optique comprenait 31 postes; en septembre et en décembre de la même année il en comptait respectivement 46 et 51. A la fin de juin 1897, date à laquelle se rapporte l'article précité du *Mémorial*, le réseau possédait 75 postes répartis ainsi qu'il suit :

Une section de la 1re compagnie était détachée à Santiago de Cuba et dans ses environs; elle desservait 17 postes; une autre section était détachée à Manzanillo et desservait 8 postes.

La 2e compagnie était divisée en 4 sections; la première se trouvait à Sainte-Claire et desservait 5 postes; la seconde était à Sancti-Spiritus et desservait 4 postes; la troisième, à Yaguajay, desservait 4 postes; enfin la quatrième, à Ciego d'Avila desservait 5 postes.

La 3e compagnie avait une de ses sections à Babia-Honda (9 postes) et une autre à Candelaria (7 postes).

La 4e compagnie desservait les seize derniers postes, une de ses sections était à Pinar del Rio, l'autre à Cortès.

Les distances en ligne droite auxquelles communiquaient respectivement ces divers postes se répartissaient ainsi :

6 de ces postes étaient à plus de 40 kilomètres les uns des autres;

8 étaient échelonnés à des distances comprises entre 30 et 40 kilomètres;

23 à des distances comprises entre 20 et 30 kilomètres;

19 à des distances comprises entre 10 et 20 kilomètres;

Les dix-neuf autres postes étaient distants de moins de 10 kilomètres les uns des autres. Il y avait 111 appareils en service, dont 20 appareils Mangin de 30 centimètres, 78 appareils Mangin de 14 centimètres et 13 appareils américains dont nous ne connaissons pas le diamètre.

Le réseau optique avait un développement total de 1490 kilomètres. Jamais encore la télégraphie optique n'avait été appliquée en campagne sur une aussi vaste échelle. Ce réseau devait s'accroître encore de 154 kilomètres pendant le second semestre de 1897. Le service complet du réseau exigeait la présence de 46 sous-officiers, 78 caporaux et 361 soldats prélevés sur les quatre premières compagnies du bataillon.

La 5e compagnie de télégraphie optique n'établissait pas de postes permanents; elle faisait partie de la colonne mobile commandée par le colonel Chacel.

L'article précité du *Mémorial* ne fournit que peu de renseignements sur la 6e compagnie, chargée de la télégraphie électrique, dont le rôle consistait surtout à desservir les lignes fixes du réseau de la Havane et à donner au personnel l'instruction nécessaire pour le service en campagne. Deux écoles de télégraphie militaire, l'une pour la télégraphie électrique, l'autre pour la télégraphie optique fonctionnaient dans ce but; la première se trouvait au camp de « las Animas », l'autre était installée près de la Havane au château du Prince.

Le même journal (septembre 1897) mentionne des

particularités curieuses au sujet des interruptions imprévues et assez originales qui se produisirent, au début, dans le service du réseau optique établi entre la Havane et Pinar del Rio.

Il s'agissait d'établir une communication optique de 24 kilomètres seulement entre la Coloma et Pinar del Rio. Entre ces deux localités, le sol présente un relief assez marqué ; aussi fut-il nécessaire de surélever, dans chaque poste, l'appareil optique en le plaçant sur la toiture de bâtiments existants. Mais ce procédé ne donnait de résultats satisfaisants que pendant la nuit. A partir de 6 heures du matin les signaux devenaient invisibles ; le faisceau optique passait à 6 mètres environ au-dessus du poste correspondant ainsi qu'on le vérifia à l'aide d'une échelle. Force fut de surélever d'autant l'un des deux appareils ; mais il ne résulta de cette mesure qu'une amélioration partielle. En effet, à partir de 8 heures du matin, le faisceau lumineux passait de nouveau au-dessus du poste récepteur.

La remise en service des communications électriques ne permit pas d'étudier plus longuement ce phénomène qui est d'ailleurs facilement explicable. Le lieutenant du génie Laurent a fourni à ce sujet dans le *Mémorial* les explications suivantes : Pendant le jour la radiation solaire a pour effet de diminuer, à raison de l'échauffement du sol, la densité et par suite, le pouvoir réfringent des couches d'air en contact immédiat avec le sol ; il en résulte qu'un faisceau lumineux passant dans le voisinage du sommet d'une colline s'infléchit en tournant sa convexité vers le sol (Voir la *fig.* 2 ; cette figure montre la déviation subie par le rayon M qui rencontre en C une couche d'air plus chaude que la précédente). Le contraire se produit

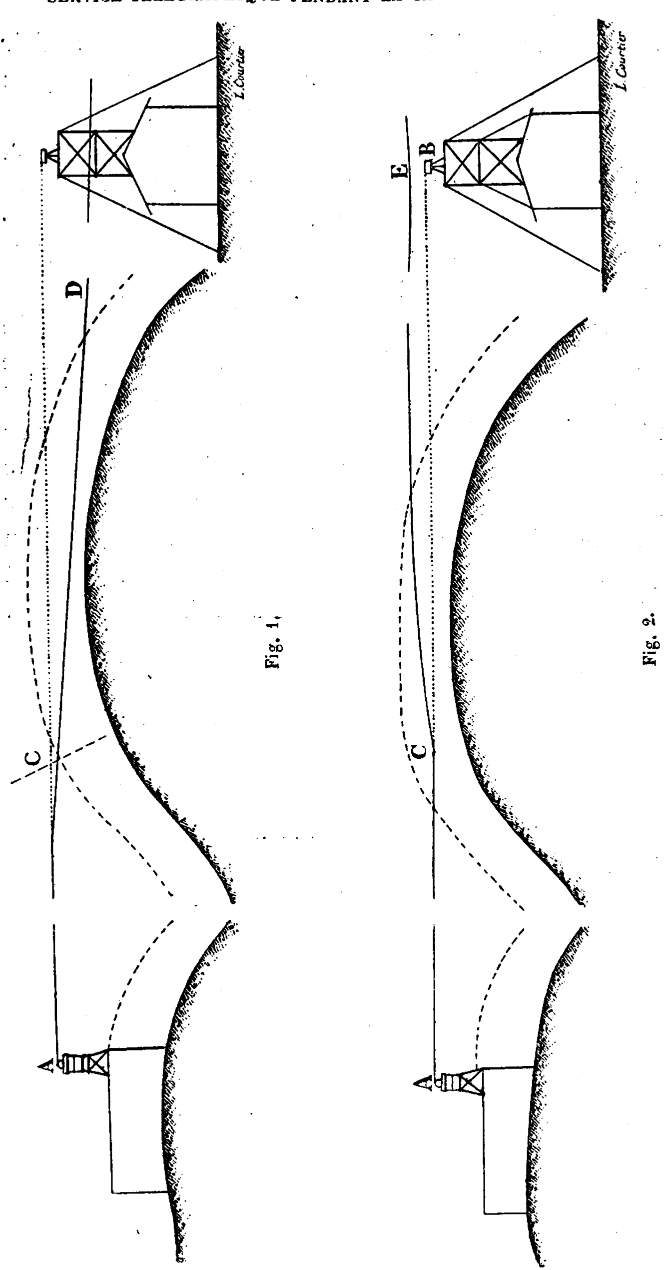


Fig. 1.

Fig. 2.

pendant la période nocturne où les couches d'air inférieures sont, au contraire, à une température plus basse que les couches supérieures (*fig.* 1).

En fait, les faisceaux lumineux de grande longueur, au lieu de rester rectilignes, décrivaient pendant le jour une courbe dont la concavité était tournée vers le bas. Le rayon de courbure de cette concavité variait avec la température des couches inférieures.

On peut observer enfin que, dans la pratique, le faisceau lumineux, au lieu d'être cylindrique, a la forme d'un cône dont l'ouverture est tournée vers l'appareil récepteur; aussi l'effet des variations de température ne produit-il pas d'ordinaire une déviation assez forte pour empêcher les rayons extrêmes d'être perçus dans le voisinage de ce dernier appareil. Cela n'a lieu que lorsque la variation *diurne* du pouvoir réfringent détermine une déviation plus considérable du faisceau.



UNITÉS ÉLECTRIQUES USITÉES

DANS LES

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ (*)

Les courants électriques sont actuellement l'objet d'applications nombreuses dont l'importance grandit chaque jour; aussi les appareils et les méthodes de mesure électrique, autrefois confinés dans les laboratoires des physiciens, sont-ils devenus d'un usage vulgaire : de là un vocabulaire nouveau avec lequel on doit se familiariser, si l'on veut avoir une idée, même superficielle, des moindres installations électriques aujourd'hui si répandues.

Les courants employés se divisent en deux catégories : les *courants continus* dont l'intensité reste sensiblement uniforme, et les *courants* dits *alternatifs* dont l'intensité change périodiquement de sens à des intervalles très rapprochés.

L'explication des divers termes employés en électricité est plus simple lorsqu'on se borne à considérer les courants continus : ce sera l'objet de la présente Note; l'extension aux courants alternatifs ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

L'importance croissante de l'emploi industriel des

(*) *Annuaire du bureau des longitudes.*

courants électriques provient de ce que ces courants offrent un moyen général relativement simple de transporter au loin l'*énergie* et de la récupérer sous les formes les plus diverses : travail mécanique, chaleur, énergie chimique, énergie électrique, etc.

Générateurs, récepteurs. — On nomme générateur tout appareil ou machine capable de céder de l'énergie sous l'une ou l'autre de ces formes, et récepteur celui qui la reçoit et la convertit en une forme plus directement utilisable.

Comme exemples de générateurs électriques, on citera, en particulier, les piles, les accumulateurs, les machines magnéto ou dynamo-électriques, etc., qui produisent des courants; parmi les récepteurs, on rencontre les mêmes machines magnéto ou dynamo-électriques qui constituent des moteurs lorsqu'on les alimente par un courant; les accumulateurs sont également des récepteurs, car ils emmagasinent sous forme chimique l'énergie électrique qu'on leur transmet.

La distinction entre les générateurs et les récepteurs électriques est le plus souvent inutile, car la plupart de ces appareils sont *reversibles*, c'est-à-dire susceptibles de fonctionner aussi bien comme générateurs que comme récepteurs suivant la forme d'énergie qu'on leur fournit.

Puissance mécanique. — On nomme *puissance* d'un générateur ou d'un récepteur la quantité de travail mécanique que l'appareil peut fournir, recevoir ou transformer dans l'unité de temps.

La puissance d'un générateur ou d'un récepteur

électrique est donc la mesure caractéristique de sa valeur non seulement théorique, mais en quelque sorte commerciale. La puissance d'un appareil électrique dépend de deux facteurs analogues à ceux qui déterminent la puissance d'une chute d'eau, à savoir : 1° la *différence de potentiel* ou force électromotrice existant entre les bornes ou pôles de l'appareil (*) : elle correspond à la différence de niveau entre les deux biefs; 2° *l'intensité du courant* mis en jeu : elle correspond au volume de l'eau débitée dans l'unité de temps. La différence de potentiel (appelée quelquefois *pression électrique*) se mesure par un nombre de *volts* et l'intensité (ou débit) par un nombre d'*ampères*; les appareils de mesure correspondants se nomment *voltmètres* et *ampèremètres*, et sont constitués en général par des *galvanomètres* de construction appropriée.

Expression de la puissance d'un appareil électrique. — La puissance d'un générateur électrique est mesurée par le produit du nombre de *volts* par le nombre d'*ampères* qu'il peut fournir simultanément en régime normal; en effet, d'après la nature des unités de mesure (qu'on définira plus loin), le produit de ces deux nombres représente une quantité de travail mécanique disponible dans l'unité de temps. C'est l'équivalent de la puissance mécanique fournie au générateur, ou encore l'équivalent de ce que le générateur restitue sous forme d'énergie électrique; car un générateur électrique n'est, à proprement parler, qu'un transformateur d'énergie; il n'en consomme pour fonctionner qu'une très faible partie, de sorte que son rendement

(*) Voir la Notice : Sur la corrélation des phénomènes d'électricité statique et dynamique, etc. (*Annuaire du bureau des longitudes*, 1893).

est, en général, assez voisin de l'unité. Le mot consommation ne signifie pas ici destruction, mais transformation sous une forme inutilisable, à savoir une production de chaleur qui se dissipe sans qu'on puisse en tirer parti.

Les générateurs électriques étant reversibles, les mêmes considérations s'appliquent aux récepteurs. La puissance d'un récepteur est mesurée par le produit du nombre de volts par le nombre d'ampères qu'on lui fournit en régime normal : les récepteurs, en recevant de l'énergie électrique, deviennent de véritables moteurs et restituent cette énergie (sauf une faible proportion convertie en chaleur) sous forme d'un travail mécanique équivalent. Leur rendement est aussi relativement assez parfait.

Unité de puissance, le watt. — Le produit d'un nombre d'ampères par un nombre de volts représente un nombre de watts. Le watt, ou unité pratique de puissance mécanique, correspond à environ un dixième de kilogrammètre par seconde. Ainsi un générateur capable de fournir un courant de 200 ampères sous 120 volts de pression électrique possède une puissance de $200 \times 120 = 24\,000$ watts ou 24 kilowatts.

On sait, d'après la définition des unités C. G. S., que le cheval-vapeur (puissance correspondant à la production de 75 kilogrammètres par seconde) vaut $735^{\text{watts}},75$; on en conclut que le générateur de 24 kilowatts possède une puissance de $\frac{24000}{735,75} = 32^{\text{chx}},62$.

Cette conversion en chevaux-vapeur est ici donnée à titre d'exemple ; dans l'industrie électrique, on compte directement en kilowatts.

La puissance des récepteurs, qui sont le plus souvent des générateurs fonctionnant d'une manière inverse, se définit et se calcule de la même manière d'après le nombre d'ampères du courant qu'ils reçoivent et le nombre de volts que ce courant maintient aux extrémités de leur circuit propre.

A cette occasion, on remarquera qu'en général si l'on peut imposer un nombre donné de volts à un récepteur, c'est-à-dire mettre les deux extrémités de son circuit intérieur en communication avec les bornes d'une génératrice fournissant cette différence de potentiel, on n'est plus maître de le faire en même temps traverser par un courant d'un nombre d'ampères fixé d'avance.

La comparaison avec les phénomènes hydrodynamiques en fournit une image explicative; entre les deux extrémités d'un tuyau donné, on peut établir telle différence de pression qu'on veut, mais alors la quantité de liquide que le tuyau peut débiter dans l'unité de temps est déterminée, car il y a une relation nécessaire entre la différence de pression, le débit et les dimensions du tuyau. Dans le cas des courants électriques, la relation corrélative est la *loi d'Ohm et de Pouillet*.

Le conducteur aux extrémités duquel on établit une différence de potentiel représentée par u volts est caractérisé par une *résistance* r; l'intensité i du courant qui le traverse est donnée par

$$i = \frac{u}{r};$$

l'unité de résistance corrélative du volt et de l'ampère se nomme l'ohm : de sorte que si l'on connait le



nombre d'ohms r, qui mesure la résistance (*) du circuit aux extrémités duquel existe une différence de pression électrique u exprimée en volts; l'intensité en ampères est donnée par le nombre i déduit de la formule précédente.

Incandescence. — Chauffage par l'électricité. — Cette relation montre que, en augmentant de plus en plus la pression électrique u (ou le *voltage*, comme l'on dit en langage industriel), on accroît proportionnellement l'intensité du courant transmis. Mais on est bientôt arrêté dans cette voie par un phénomène concomitant; à savoir l'échauffement du conducteur qui grandit proportionnellement à sa résistance et au carré de l'intensité du courant (Loi de Joule). En continuant à accroître cette intensité, le conducteur acquerrait une température de plus en plus élevée, et finirait par se fondre et volatiliser. Si l'on règle le courant pour n'atteindre que l'incandescence, comme dans les filaments des lampes dites à *incandescence*, on arrive à un régime normal où l'énergie électrique se transforme en énergie lumineuse et calorifique. Dans le chauffage par l'électricité, c'est le même phénomène qu'on utilise.

Équivalent en calories de l'énergie électrique consommée. — L'énergie électrique se transforme en énergie calorifique suivant un rapport que le choix des unités permet de calculer. En effet, la quantité de chaleur dégagée par unité de temps dans le conducteur est l'équivalent de l'énergie consommée; elle a

(*) La résistance électrique d'un fil est en raison inverse de la section, proportionnelle à la longueur et à un coefficient spécifique dépendant de la nature de ce fil.

donc pour mesure le produit de l'intensité en ampères du courant employé par la différence de potentiel exprimée en volts qui existe entre les deux extrémités du conducteur échauffé. Elle est exprimable en watts.

Ainsi le filament d'une lampe à incandescence de 16 bougies, ayant ses extrémités en communication avec une distribution à 110 volts et recevant un courant de 1/2 ampère, reçoit une énergie mesurée par $110 \times 0{,}5 = 55$ watts (environ $3^{\text{watts}}5$ par bougie). Le nombre de watts ainsi obtenu se convertit aisément en *calories* (*) car une petite calorie par seconde équivaut à $4^{\text{watts}},15$. Par exemple, une lampe de 16 bougies consommant 55 watts développe en une heure ou en 3 600 secondes une quantité de chaleur mesurée par $\frac{55 \times 3600}{4{,}15} = 4771$ petites calories ou 4,77 grandes calories, quantité capable d'élever de 1° centigrade la température de 4 litres trois quarts d'eau.

On dit quelquefois, par comparaison avec d'autres luminaires, que les lampes à incandescence ne développent pas de chaleur : on voit qu'elles en produisent cependant une quantité fort appréciable.

Dangers d'incendie dans les canalisations électriques. — Cet échauffement inévitable des fils conducteurs de courants peut produire des accidents plus ou moins graves : l'établissement des installations électriques exige donc certaines précautions et une surveillance assidue.

Ainsi, dans les machines où les fils de cuivre sont enroulés en hélice et séparés par une matière isolante,

(*) Une petite calorie vaut 415.10^5 ou $4{,}15 \times 10^7$ unités C. G. S. de travail.



on évite de faire passer plus de 2 ampères par millimètre carré de section, de crainte de brûler l'isolant.

Dans les canalisations, le contact de deux fils fortuitement dénudés réduisant la longueur du circuit (*mise en court circuit*) en diminue la résistance; l'intensité du courant augmente alors assez pour porter le fil à l'incandescence et provoquer un incendie. C'est une éventualité qui, malheureusement, se présente souvent, et qui est d'autant plus redoutable que le public s'est habitué à croire qu'on est à l'abri des incendies lorsqu'on s'éclaire par l'électricité.

Valeur commerciale de l'énergie électrique. — Wattmètres. — Compteurs. — La valeur commerciale d'une chute d'eau, d'une transmission de force quelconque, s'estime d'après sa *puissance*, c'est-à-dire par le travail mécanique (mesuré au frein de Prony, par exemple) qu'elle peut fournir dans l'unité de temps; l'unité est alors le *cheval-heure*; on payera par exemple le cheval-heure $0^{f},30$ dans une petite installation.

Dans les distributions électriques le prix du courant transmis s'évalue d'une manière équivalente par l'énergie électrique reçue, mesurée en *watts*. On a donc imaginé des wattmètres qui indiquent à chaque instant le produit du nombre d'ampères par le nombre de volts amenés aux bornes du récepteur (*). Comme ce produit mesure l'énergie pendant une seconde, il faut, pour obtenir la somme des quantités d'énergie transmises pendant la durée du fonctionnement, ajouter

(*) Avec les courants continus l'opération est bien simple, surtout lorsque, comme d'ordinaire, le *voltage* de la distribution est constant. Avec les courants alternatifs, le calcul est plus complexe : nous ne pouvons pas l'indiquer ici; le sujet sera traité plus en détail dans une prochaine Notice.

tous les produits analogues. L'addition se fait automatiquement par des mécanismes bien connus, et l'on réalise ainsi des *compteurs*, gradués en *hectowatts-heure* ou en *kilowatts-heure*, suivant l'importance de la consommation (éclairage, force motrice, etc.). A Paris, pour l'éclairage électrique des particuliers, l'hectowatt heure se paye à raison de 0f,07 à 0f,15, suivant les Compagnies.

Définition des unités électriques. — Les considérations précédentes suffisent à faire comprendre l'importance des éléments qui caractérisent le courant électrique et des appareils qui le produisent ou le transforment. En outre, les unités employées ont cette propriété précieuse de se relier directement aux unités mécaniques; de sorte que les mesures électriques donnent, par une simple multiplication, la valeur de la puissance disponible, c'est-à-dire de l'énergie mécanique mise en jeu dans l'unité de temps.

C'est effectivement en vue de cette corrélation parfaite avec les unités mécaniques que le système d'unités électriques a été fondé sur l'initiative d'un Comité de l'Association Britannique en 1860. Voici sur quels principes il repose.

1° *Principe de la conservation de l'énergie.* — On conclut de ce principe que, dans un circuit électrique qui ne produit aucun travail mécanique extérieur, toute l'énergie électrique qui lui est communiquée se transforme intégralement en chaleur, quelle que soit la forme et la nature du conducteur formant le circuit.

2° *Loi de Joule.* — Cette loi, citée plus haut (p. 306), devient alors le lien entre les unités mécaniques et électriques.

On l'écrit :

$$(1) \qquad Q = Hri^2t,$$

Q étant la quantité de chaleur développée dans le temps t par le passage d'un courant d'intensité i à travers un conducteur de résistance r. H est un coefficient dépendant du choix des unités.

Si l'on multiplie les deux membres par l'équivalent mécanique de la chaleur E,

$$(2) \qquad EQ = HEri^2t,$$

le premier nombre représente une quantité de travail ou d'énergie mécanique $\mathcal{E}$. Le second membre se réduira à ri^2t, si l'on suppose $HE = 1$. Il suffit pour cela de choisir convenablement les unités. Or, on emprunte à la Mécanique ses trois unités (temps, longueur et force). Le premier nombre est donc entièrement défini : c'est un travail ou le produit d'une longueur par une force; le second membre contient un facteur également déterminé, c'est le temps t. Il ne reste donc d'arbitraire que l'unité de résistance et celle d'intensité. Si l'on définit l'unité d'intensité par un phénomène électromécanique, il ne restera d'arbitraire que l'unité de résistance : on la détermine par la condition que le facteur EH de la loi de Joule soit égal à l'unité. D'où l'on conclut :

L'unité de résistance est la résistance d'un conducteur qui, parcouru par un courant ayant l'unité d'intensité, dégage sous forme de chaleur l'unité d'énergie.

3° *Lois de Laplace et de Coulomb.* — Le phénomène électromécanique choisi pour définir l'unité d'intensité est l'action d'un courant sur une aiguille aimantée :

c'est le phénomène sur lequel est fondé le galvanomètre, type des appareils employés dans toutes les mesures électriques. Laplace a déduit des expériences de Biot et Savart la loi élémentaire des actions électromagnétiques, c'est-à-dire l'expression de la force F qu'un élément *ds* de courant d'intensité *i* exerce sur un pôle d'aimant de masse magnétique *m*, situé à une distance D, dans une direction faisant l'angle θ avec la direction de l'élément.

$$\mathfrak{F} = k\frac{mi\,ds\sin\theta}{D^2}.$$

k étant un coefficient dépendant des unités de *m*, *i*, *ds*, et D, et qu'on peut faire égal à un par un choix convenable de ces unités. Cette expression comprend un élément auxiliaire, la masse magnétique; mais la loi bien connue de Coulomb, sur les actions magnétiques

$$\mathfrak{F} = h\frac{mm'}{D^2} \quad \text{ou} \quad \mathfrak{F} = \frac{mm'}{D^2} \text{ avec } h = 1,$$

donne une mesure de cette nouvelle grandeur. De sorte que, par la combinaison de ces deux lois, on arrive à la définition cherchée :

L'unité (électromagnétique) d'intensité est l'intensité d'un courant de longueur égale à l'unité qui exerce sur un pôle d'aimant, ayant l'unité de masse magnétique, situé à l'unité de distance dans une direction normale au courant, une action égale à l'unité de force (*).

(*L'unité de masse magnétique est celle d'un pôle*

(*) Pratiquement le courant est circulaire et c'est l'action d'une portion de circuit ramenée à celle de l'unité de longueur enroulée sur le cercle de rayon *un* agissant sur une très petite aiguille aimantée qui permet de réaliser cette définition.

d'aimant qui exerce sur un pôle identique, placé à l'unité de distance, une action égale à l'unité de force.)

4° *Loi d'Ohm et de Pouillet.* — Il ne reste plus qu'à définir l'unité de force électromotrice. Elle se déduit de la relation citée plus haut (p. 305), qui lie pour un conducteur la résistance r et la force électromotrice ou différence de potentiel u existant aux extrémités du conducteur lorsqu'un courant d'intensité i le traverse :

$$i = \frac{u}{r} \quad \text{ou} \quad u = ri.$$

L'unité de force électromotrice ou de différence de potentiel est celle qui existe aux extrémités d'un conducteur ayant l'unité de résistance et parcouru par l'unité d'intensité.

Remarque. — Si dans l'expression (2) de la loi de Joule, on remplace ri par sa valeur u et qu'on divise les deux membres par t, il vient

$$\frac{\mathcal{E}}{t} = ui;$$

ce qui démontre la règle énoncée plus haut (p. 310), à savoir que l'énergie consommée pendant l'unité de temps dans un conducteur est le produit des deux facteurs u et i.

Introduction des valeurs des unités mécaniques. — La définition des unités électriques, telle qu'elle vient d'être exposée, ne laisse d'arbitraires que les trois unités irréductibles de la Mécanique, les unités de temps, de longueur et de force : il reste donc à substituer dans les définitions précédentes les valeurs des unités mécaniques adoptées. L'Association Britannique,

qui a pris l'initiative de ce système de mesures électriques, a choisi, pour les trois unités mécaniques, celles qui constituent le système C. G. S., dans lequel :

L'*unité de temps* est la *seconde sexagésimale* de temps moyen ;

L'*unité de longueur*, le *centimètre* ;

L'*unité de force*, la *dyne* (ou la force qui imprime à la masse du gramme une accélération de un centimètre par seconde : elle vaut environ un milligramme-force).

Il en résulte, pour les unités électriques, les définitions suivantes :

Unité C. G. S. *d'intensité.* — *L'unité* C. G. S. *électromagnétique d'intensité* (*) *est l'intensité d'un courant de longueur égale à* 1 *centimètre qui exerce sur un pôle d'aimant ayant l'unité de masse magnétique, situé à* 1 *centimètre dans une direction normale au courant, une force égale à une dyne.*

(*L'unité de masse magnétique est celle d'un pôle d'aimant qui exerce sur un pôle identique placé à* 1 *centimètre une force égale à une dyne.*)

Unité C. G. S. *de résistance.* — *L'unité* C. G. S. *de résistance est la résistance d'un conducteur qui, traversé par un courant ayant l'unité* C. G. S. *d'intensité pendant une seconde, dégage une quantité de chaleur équivalente au travail mécanique d'une dyne-centimètre (erg).*

Unité C. G. S. *de force électromotrice.* — *L'unité*

(*) Au lieu de l'expression : « courant ayant l'unité d'intensité », on dit souvent pour abréger : « unité de courant ».



C. G. S. *de force électromotrice est la différence de potentiel qui existe aux extrémités d'un conducteur ayant l'unité* C. G. S. *de résistance, parcouru par l'unité* C. G. S. *de courant.*

Unités pratiques. — De ces trois unités, la première, l'unité C. G. S. de courant, constituerait une unité pratique très convenable, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que les courants employés dans les sciences ou l'industrie. Mais les deux autres sont des unités tellement petites qu'on serait conduit à exprimer les résistances ou les forces électromotrices usuelles par des nombres énormes. Ainsi un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre et de 50 mètres de longueur équivalant à peu près comme résistance à une colonne de mercure de même diamètre et de 1 mètre de longueur (ancienne unité Siemens), vaudrait environ 1 000 000 000 ou 10^9 unités C. G. S. de résistance.

D'autre part, la différence de potentiel existant entre les deux pôles d'un couple au sulfate de cuivre, souvent adoptée comme unité, vaudrait un peu plus de 10^8 unités C. G. S. de force électromotrice.

Les promoteurs des nouvelles unités ont donc été amenés à remplacer les unités trop faibles par des multiples, puissances entières de 10. Le choix du multiple a été déterminé par la condition un peu étroite de ne pas trop contrarier les habitudes des praticiens de l'électricité, devenus nombreux et puissants depuis l'extension de la Télégraphie terrestre et sous-marine. Ainsi on adopta le multiple 10^9 de l'unité C. G. S. de résistance comme peu différent de l'unité Siemens.

Ohm. — L'unité pratique de résistance vaut 10^9

unités C. G. S. *de résistance et on la désigne sous le nom de* OHM, en l'honneur du physicien allemand.

De même, l'unité de force électromotrice fut choisie de manière à ne pas trop s'écarter de celle du couple de Daniell ; il en résulte la définition suivante :

Volt. — *L'unité pratique de force électromotrice vaut* 10^8 *unités* C. G. S. *de force électromotrice ou de différence de potentiel ; on la désigne sous le nom de* VOLT, rappelant ainsi le nom du physicien italien qui a découvert l'importance de cet élément électrique.

L'*ohm* et le *volt* étant définis, le multiple décimal qui doit représenter l'unité pratique d'intensité est complètement déterminé par la condition de satisfaire à la relation $ri = u$. Il est égal au quotient de la valeur du volt 10^8 par celle de l'ohm 10^9, soit 10^{-1}.

Ampères. — *L'unité pratique de courant est donc le dixième de l'unité* C. G. S. *On l'a nommée* AMPÈRE, au Congrès des électriciens réunis à Paris en 1881 (*).

Ces définitions entraînent celle de l'unité de puissance, c'est-à-dire d'énergie électrique mise en jeu dans l'unité de temps.

D'après la loi de Joule écrite comme ci-devant, sous la forme $\mathcal{E} = uit$, on voit que si u est un volt, i un ampère, t une seconde, $\mathcal{E}$ est égale à une unité d'énergie (*Joule*) : si l'on divise $\mathcal{E}$ par t, le quotient représente la quantité d'énergie par unité de temps ou

*) Il est regrettable qu'on n'ait pas adopté la même puissance de 10 pour définir les unités pratiques de résistance et de potentiel, de manière à conserver l'unité C. G. S. d'intensité comme unité pratique ; cette différence d'exposant est la source de beaucoup d'erreurs de calcul. Le facteur commun 10^9, appliqué aux deux unités, eût été facile à retenir, car c'est le nombre de centimètres contenu dans le quart du méridien ou *quadrant* terrestre, point de départ de la définition du système métrique.

la puissance du courant, on l'a nommée *watt*. Substituant les valeurs du volt et de l'ohm en unité C. G. S., le produit *ui* ci-dessus devient $10^8 \times 10^{-1} = 10^7$.

Watt. — L'unité pratique de puissance ou WATT *est égale à* 10^7 *unités* C. G. S. *d'énergie ou* 10^7 *dyne-centimètres développées pendant une seconde.* On rappellera que le watt vaut environ le dixième du kilogrammètre.

Quantité et capacité électriques. — En dehors des éléments dont on vient de définir les unités, il en existe d'autres dont la mesure importe au même degré dans diverses applications (lignes télégraphiques, électrochimie, etc.).

Une différence de potentiel qui déterminerait un courant si on l'appliquait aux deux extrémités d'un conducteur produit des phénomènes électriques analogues lorsqu'on l'applique aux deux faces d'une lame non conductrice réalisant ce qu'on nomme un *condensateur*. Un condensateur, maintenu pendant quelque temps en communication avec une source quelconque (pile, machine, etc.), se charge et finit par faire équilibre à la pression électrique de la source ; si l'on supprime ces communications, il devient, à son tour, une source électrique capable de produire un courant lorsqu'on réunit par un conducteur les deux armatures métalliques qui en constituent les pôles.

Les dispositifs susceptibles de se charger et de se décharger sous forme de courants peuvent affecter les formes les plus diverses.

Un câble sous-marin ou souterrain, formé d'un fil intérieur transmettant le courant télégraphique, d'une

couche isolante et d'une enveloppe protectrice, constitue un véritable condensateur cylindrique; il se charge pendant la transmission des signaux comme une bouteille de Leyde et mêle le courant de sa charge et de sa décharge au courant émis par le manipulateur, au détriment de la rapidité et de la netteté des signaux.

Des effets électriques équivalents peuvent être produits par des moyens tout à fait différents : ainsi deux lames de plomb plongées dans de l'eau acidulée forment un véritable réservoir d'électricité (*), car, après avoir été mises en communication avec une source pendant un temps suffisant, elles deviennent, à leur tour, les deux pôles d'un couple *secondaire* et restituent sous forme de courant l'énergie qui leur a été communiquée; on reconnaît les *accumulateurs électriques* si répandus depuis quelques années.

Le principe de la conservation de l'énergie s'applique à toutes ces formes d'emmagasinement et la mesure de l'énergie reçue ou rendue est toujours fournie par la somme des produits uit pendant la durée de la charge ou de la décharge.

Cet emmagasinement d'énergie constitue un lien si complet entre les phénomènes produits par les courants et ceux de l'électricité statique, que les définitions, les appareils et les méthodes de mesure sont, pour la plupart, communs aux deux ordres de phénomènes.

On sait, en effet, que la décharge d'un conducteur, chargé par une machine électrique à frottement, pro-

(*) En réalité, le phénomène est plus complexe: il y a d'abord une véritable capacité de polarisation analogue à celle des condensateurs électrostatiques, puis une séparation électrolytique des éléments chimiques et accumulation sur chaque pôle des éléments séparés.

duit un courant dans le fil conjonctif des armatures et qu'inversement une machine productrice de courant charge un condensateur; on arrive à une notion commune de *quantité d'électricité*. Voici celle qui s'accorde avec les définitions précédemment adoptées.

Unité de quantité. — L'unité de quantité d'électricité est celle qui est mise en jeu dans un courant ayant l'unité d'intensité pendant l'unité de temps.

On montre, en effet, par l'expérience que si l'on fournit à un condensateur toujours la même charge q, l'intensité i du courant de décharge est en raison inverse de la durée t de cette décharge. De là la relation :

$$i = \frac{q}{t} \quad \text{ou} \quad q = it,$$

qui justifie la définition ci-dessus.

D'autre part, si l'on fournit à des condensateurs la même charge q, on reconnaît que la différence de potentiel aux deux armatures est différente ; inversement, si l'on charge divers condensateurs avec une source présentant toujours la même différence de potentiel u, la charge accumulée q est différente. De là la notion de capacité c proportionnelle à la charge q, pour une différence u de potentiel entre les deux armatures :

$$q = cu.$$

Unité de capacité. — Le condensateur ayant l'unité de capacité est celui qui se charge de l'unité de quantité lorsque, entre ses deux armatures, on établit une différence de potentiel égale à l'unité.

Unités pratiques. — On voit que ces deux défini-

tions ne font intervenir aucune unité nouvelle ; on peut donc les exprimer en unités pratiques ou en unités C.G.S.

Unité pratique de quantité. — Coulomb. — L'unité pratique de quantité d'électricité est celle qui est mise en jeu pendant une seconde dans le courant d'un ampère. Le Congrès de 1881 a adopté le nom de COULOMB pour désigner cette unité.

Unité pratique de capacité. — Farad. — L'unité pratique de capacité ou FARAD (*en l'honneur de Faraday*) *est celle d'un condensateur qui se charge d'un coulomb lorsqu'on établit entre ses armatures une différence de potentiel égale à un volt.*

L'expression de ces unités en unités C. G. S. est facile. Le *coulomb* est évidemment $\frac{1}{10}$ de l'unité de quantité puisqu'il est le quotient de l'ampère (égal à $\frac{1}{10}$ de l'unité C.G.S. de courant) par l'unité de temps C.G.S. Le *farad* est le quotient du coulomb, ou 10^{-1} unités C.G.S. de quantité, par le volt, ou 10^8 unités C.G.S. de potentiel : il vaut donc 10^{-9} unités C.G.S. de capacité.

Microfarad. — Or, il se trouve que les capacités des condensateurs usités dans la pratique scientifique ou industrielle (câbles télégraphiques, etc.) sont d'un ordre de grandeur beaucoup plus petit que le farad ; leur mesure serait représentée par une fraction extrêmement petite. De là l'emploi d'un sous-multiple décimal comme unité auxiliaire, le millionième de farad ou *microfarad*.]

Microcoulomb. — La charge d'un microfarad par un volt est évidemment un *microcoulomb.* Ces unités sont entrées dans la pratique télégraphique et l'on impose, par exemple, aux constructeurs de câbles de ne pas dépasser une certaine fraction de microfarad par kilomètre pour la capacité électrostatique du câble.

Ampère-heure. — Dans les installations industrielles la capacité des accumulateurs est mesurée par la quantité d'électricité que peut restituer l'accumulateur. L'unité auxiliaire adoptée est l'ampère-heure : la capacité est donc exprimée en ampères-heure, c'est-à-dire par le nombre d'ampères, du courant que donnerait l'accumulateur si sa décharge normale s'effectuait en une heure; l'ampère-heure vaut donc 3 600 coulombs. D'après la loi citée plus haut, $q = it$, on voit que cette décharge peut s'effectuer théorique ment pendant un temps quelconque, parce que le produit de l'intensité par la durée de décharge est constant et égal à la quantité totale d'électricité emmagasinée.

Énergie emmagasinée dans un accumulateur. — La loi de Joule, mise sous la forme $\mathcal{E} = uit = uq$, montre que l'énergie emmagasinée est égale au produit de la quantité d'électricité par la différence de potentiel aux bornes d'un accumulateur. Dans les accumulateurs au plomb la différence moyenne de potentiel est environ $1^{\text{volt}},95$ pendant la décharge, la quantité d'énergie exprimée en *Joules* (p. 315) est donc égale au produit par 1,95 du nombre d'*ampères-heures* multiplié par 3600 secondes. Si l'on supprime ce facteur 3600, on obtient l'énergie par seconde, c'est-à-dire la *puissance* exprimée en *watts.* Ainsi un accumulateur de capa-

cité égale à 120 ampères-heure possède théoriquement une puissance de

$$120 \times 1,95 = 234^{\text{watts}},$$

ou environ 23,8 kilogrammètres par seconde, pendant la durée de sa décharge. Il y a bien entendu toujours un déchet qui peut s'élever à 30 pour 100.

Mesure électrochimique de l'intensité du courant. — La notion de quantité d'électricité a une importance considérable, en électrochimie, car, d'après la loi de Faraday, lorsqu'un courant circule à travers un composé chimique (électrolyte), il y a décomposition; à chaque unité d'électricité mise en jeu, un équivalent chimique de l'élément métallique se porte au pôle négatif; un équivalent du radical métalloïde, au pôle positif.

La Table des nombres proportionnels de la chimie fournit donc une Table des quantités proportionnelles électrolysées par le courant.

Il suffit d'établir, par des expériences auxiliaires, le rapport de correspondance entre ces deux Tables pour obtenir une méthode de mesure électrochimique des courants, très employée dans la pratique.

Ainsi un courant d'un ampère, agissant pendant une minute, dépose $67^{\text{mg}},02$ d'argent, ou bien $19^{\text{mg}},74$ de cuivre, ou encore dégage $6^{\text{cc}},93$ d'hydrogène à $0°$ et 760^{mm}. C'est, en effet, par ce procédé que les constructeurs d'ampèremètres industriels vérifient généralement leurs instruments étalons.

Systèmes divers d'unités électriques. — Le système d'unités qu'on vient d'exposer s'appelle *système élec-*

tromagnétique, parce qu'il emprunte à la loi élémentaire de l'électromagnétisme (loi de Laplace : action du courant sur l'aimant) la définition de l'intensité du courant. On aurait pu emprunter cette définition à la loi élémentaire de l'électrodynamique (loi d'Ampère : action réciproque des courants); on aurait alors un *système électrodynamique*, certainement plus simple comme base, mais qui ne différerait que fort peu du précédent, l'unité électrodynamique de courant se déduisant de l'unité électromagnétique par le facteur $\frac{1}{2}\sqrt{2}$.

Mais comme l'unité de courant peut être considérée comme le transport de l'unité de quantité d'électricité pendant l'unité de temps, on peut prendre comme unité de quantité la valeur de l'unité électrostatique déduite de la loi de Coulomb, relative à l'attraction des corps électrisés. On obtient ainsi un *système électrostatique*, peu employé, d'ailleurs, et très différent du système électromagnétique à cause du rapport énorme v qui existe entre l'unité de quantité électromagnétique et l'unité de quantité électrostatique, et qui entre à des puissances très diverses dans la définition des autres unités. Ce rapport, ainsi qu'on le démontre aisément, a les dimensions d'une vitesse et l'expérience donne comme valeur de cette vitesse le nombre 3×10^{10} en unités C. G. S., égale à celle de la lumière dans le vide. C'est un résultat remarquable qui paraît démontrer que le siège des phénomènes électriques est le même que celui de la lumière*.

Le *système électrostatique* est peu employé dans

(*) *Voir* la Notice précitée (*Annuaire de* 1897, p. 574).

les mesures où les courants électriques jouent le rôle principal, parce qu'il correspond à une forme d'énergie électrique très différente de celle qui constitue les courants proprement dits. En effet les deux facteurs, quantité et différence de potentiel dont le produit mesure l'énergie, peuvent avoir des grandeurs relatives inverses et très différentes. Dans les courants, c'est la quantité d'électricité qui est le facteur prédominant ; dans les décharges électrostatiques, c'est la différence de potentiel. Il en résulte que les unités qui conviennent à l'un des genres de phénomènes sont tout à fait impropres à l'autre, à cause de la disproportion des unités avec les quantités à mesurer. Un exemple éclaircira la question.

Imaginons qu'il soit possible de concentrer sur une sphère très petite (que, pour simplifier, nous réduirons à un point) une charge de un coulomb, et d'amener cette petite sphère à 1 centimètre d'une autre sphère chargée aussi de 1 coulomb, la loi électrostatique de Coulomb, $F = \frac{mm'}{D^{2'}}$, permet de calculer la répulsion qui aurait lieu entre ces deux conducteurs : elle sera exprimée en dynes en substituant à m et m' leur valeur en unités électrostatiques de la quantité d'électricité représentée par 1 coulomb. Or cette valeur commune est le dixième du rapport précité 3.10^{10} (p. 322) ou 3.10^{9}. Le nombre de dynes qui exprime cette répulsion sera donc :

$$3.10^{9} \times 3.10^{9} = 9.10^{18}.$$

La dyne valant approximativement 1 milligramme-force ou 10^{-6} kilogrammes, la force sera de 9.10^{12} ou de 9 trillions de kilogrammes. Or, les quantités d'élec-

tricité qu'on accumule à l'aide des plus puissantes machines électrostatiques n'exercent pas d'actions d'un ordre de grandeur aussi énorme; elles sont donc infiniment inférieures à un coulomb. Mais en revanche les différences de potentiel qui excitent les décharges sous forme d'étincelles plus ou moins longues sont d'un ordre de grandeur infiniment plus grand que le volt : c'est, en effet, par milliers de volts que se mesurent les différences de potentiel des conducteurs entre lesquels jaillissent les moindres étincelles; de sorte que, inversement, le volt, unité électromagnétique de potentiel, est beaucoup trop petit pour les mesures électrostatiques.

Cet exemple suffit à montrer pourquoi le système électromagnétique d'unités est seul en usage lorsqu'on a affaire aux phénomènes où interviennent des courants plus ou moins intenses.

Variété des formes sous lesquelles on peut utiliser l'énergie électrique. — Nous venons de considérer deux formes bien différentes de manifestations électriques : elles constituent pour ainsi dire deux cas extrêmes; mais on sait qu'il existe tous les degrés intermédiaires (*voir* la Notice précitée 1893, p. 574). De nombreux dispositifs permettent d'ailleurs de les produire à volonté, c'est-à-dire de modifier en sens inverse les deux facteurs qui définissent l'énergie électrique sans en altérer sensiblement la quantité définitive.

Le plus ancien appareil de ce genre, celui qui offre précisément les deux variétés extrêmes, est la bobine d'induction, au moyen de laquelle on transforme directement un courant en décharges électrostatiques : une grande quantité à faible potentiel est transformée en

faible quantité à haut potentiel. L'appareil est d'ailleurs réversible comme la plupart des dispositifs transformateurs employés en Électricité.

Mais les vrais appareils transformateurs des courants continus sont les machines dynamo-électriques (*). Imaginons, en effet, qu'une semblable machine, ayant une grande résistance électrique intérieure, reçoive un faible courant, par exemple de 2 ampères, amené aux deux bornes par deux fils ayant une forte différence de potentiel, 600 volts par exemple. Sous l'influence de ce courant, la machine, fonctionnant comme récepteur, constitue un moteur ayant une puissance de :

$$2 \text{ ampères} \times 600 \text{ volts} = 1200 \text{ watts}.$$

Sur l'arbre de ce moteur on cale une seconde machine dynamo qui va servir de générateur électrique ; la construction sera différente de celle du récepteur et les ingénieurs électriciens savent en calculer les éléments, de manière qu'avec la vitesse transmise par l'arbre elle fournisse aux bornes une différence de potentiel égale, par exemple, à 110 volts (voltage fréquemment adopté pour les distributions de lumière ou de force). L'intensité x du courant produit sera alors donné par la condition d'égalité, dans l'unité de temps, entre l'énergie reçue par le récepteur et celle fournie par le générateur $600 \times 2 = 110 \times x$, d'où :

$$x = \frac{1200}{110} = 10{,}91 \text{ ampères}.$$

Ainsi, la transformation a diminué la différence de potentiel (le voltage) et augmenté l'intensité.

(*) Ces machines, fondées sur l'induction, seront décrites sommairement dans une Notice spéciale qui paraîtra au prochain *Annuaire*.

On a fait abstraction de plusieurs causes de perte (échauffement de conducteurs extérieurs et intérieurs, etc.), de sorte que le rendement, par suite l'intensité, serait un peu moindre que ne le donne le calcul : mais cette analyse approximative suffit à montrer avec quelle facilité ces transformations d'énergie électrique s'effectuent et s'accommodent aux besoins des applications.

Transport électrique de la force. — La transmission d'énergie électrique à grande distance exige une transformation de ce genre pour être économique. En effet, d'après la loi de Joule, il y a, par le fait seul de la transmission d'un courant, une perte inévitable d'énergie due à l'échauffement du conducteur. Cette perte étant proportionnelle à la résistance des conducteurs et au carré de l'intensité, on a intérêt, toutes choses égales d'ailleurs, à réduire cette intensité à une valeur aussi faible que possible. A ceux qui n'ont pas une notion claire de ce qui produit l'énergie électrique, cette condition paraîtrait absurde, car il leur semblerait que pour transmettre une grande puissance, il faut avant tout un fort courant ; mais ce que les considérations développées précédemment ont pour but de bien mettre en lumière, c'est que le facteur *intensité* n'est pas le seul qui intervient ; il y a un autre facteur, à savoir, la différence de potentiel entre les deux conducteurs qui amènent le courant, et c'est le produit de ces deux facteurs qui mesure l'énergie transmise. La grandeur croissante de l'intensité occasionne des pertes qui grandissent suivant une proportion énorme ; il faut donc, au contraire, tendre à diminuer l'intensité et compenser sa faible valeur par la

grandeur de l'autre facteur qui n'est pas soumis aux mêmes inconvénients. C'est ainsi qu'on est conduit, pour la transmission de l'énergie à grande distance, à construire des génératrices fournissant un courant de faible intensité, mais sous une *pression électrique* considérable.

On pourrait théoriquement arriver d'une autre manière à diminuer la perte sur la ligne (proportionnelle à ri^2) en diminuant la résistance du double conducteur qui constitue cette ligne : il suffirait de prendre des fils très gros et d'un métal de haute conductibilité. Mais au point de vue pratique, on est arrêté dans cette voie à cause des frais d'établissement de ces conducteurs qui sont fort coûteux ; un calcul simple fournit la limite de dépense à consacrer à la construction de la ligne d'après les conditions d'exploitation.

C'est grâce au choix judicieux des éléments dont on dispose (r, i, u) qu'on parvient à transporter électriquement d'une manière économique, à plusieurs dizaines de kilomètres, une puissance motrice considérable s'élevant, dans certains cas, à des centaines de kilowatts.

L'exemple précité fait comprendre comment on peut opérer avec des machines à courants continus. Mais les grandes différences de potentiel, nécessaires pour obtenir un rendement économique, introduisent des difficultés d'un ordre spécial dans la construction de ces machines, particulièrement à l'organe nommé *collecteur*. Les machines à courants alternatifs (*), dont la construction est plus simple et plus robuste, ont

(*) Ces machines, fondées aussi sur l'induction comme les machines à courant continu, seront, dans la prochaine Notice, décrites avec les détails suffisants pour en bien faire comprendre le caractère particulier.

supprimé en grande partie ces difficultés; elles permettent d'accroître beaucoup la différence de potentiel ou pression électrique aux bornes des générateurs et des récepteurs, par suite d'atténuer dans de grandes proportions les pertes sur la ligne. On arrive maintenant à dépasser 10000 volts, tout en transmettant plusieurs milliers de kilowatts. L'expérience se fait en grand aux États-Unis d'Amérique, dans l'utilisation de la puissance des chutes du Niagara, la hardiesse des ingénieurs n'est arrêtée que par les dangers extrêmes que causent les moindres accidents qui surviennent soit dans le fonctionnement des machines, soit le long des lignes. Ces longs et gros conducteurs qui, suivant une expression pittoresque, « canalisent véritablement la foudre », doivent être maintenus sur tout leur parcours dans un isolement parfait et en dehors de toute atteinte, sous peine des plus terribles accidents.

Des *transformateurs* particuliers servent à réduire la différence de potentiel entre les limites nécessaires aux diverses utilisations du courant, suivant la loi d'équivalence qui préside à toutes ces transformations d'énergie.

Unités légales. — Ohm, ampère, volts légaux. — Les considérations développées plus haut ont conduit à définir scientifiquement les unités pratiques usitées en Électricité. Mais, pour que l'usage de ces unités pût devenir rapidement universel, il était nécessaire de faire connaître des moyens faciles de reconstituer ces unités sans avoir recours à des déterminations absolues ou à des calculs minutieux. Tel a été l'avis des Congrès internationaux tenus à Paris (1881 et 1889) et à Chicago (1894): des Commissions ont été

constituées et, finalement, on est tombé d'accord sur un certain nombre d'opérations simples qui reproduisent, avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique, la valeur des unités principales.

La plupart des nations ont adopté ces conclusions et leurs gouvernements respectifs leur ont donné une sanction légale.

Voici les principaux articles du décret présidentiel inséré au *Journal officiel* du 2 mai 1896 et dans le *Bulletin des Lois*, sur le Rapport du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes :

Art. 1er. — Dans tous les marchés et contrats passés pour le compte de l'État, dans toutes les communications faites aux services publics et dans les cahiers des charges dressés par eux, le système international d'unités électriques, tel qu'il est défini ci-après, sera seul et obligatoirement employé.

Art. 2. — L'unité électrique de *résistance*, ou OHM, est la résistance offerte à un courant invariable par une colonne de mercure à la température de la glace fondante, ayant une masse de $14^{gr},4521$, une section constante et une longueur de $106^{cm},3$.

Art. 3. — L'unité électrique d'*intensité*, ou AMPÈRE, est le dixième de l'unité électromagnétique de courant. Elle est suffisamment représentée, pour les besoins de la pratique, par le courant invariable qui dépose en une seconde $0^{gr},001118$ d'argent.

Art. 4. — L'unité de *force électromotrice*, ou VOLT, est la force électromotrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est un ohm. Elle est suffisamment représentée, pour les be-

soins de la pratique, par les 0,6974 ou $\frac{1000}{1434}$ de la force électromotrice d'un élément Latimer-Clark.

Ces définitions pratiques sont conformes aux conclusions d'un Rapport approuvé par la Commission française des unités électriques, le 7 mars 1896, et qu'on trouvera dans le *Journal officiel* du 2 mai 1896 et dans les *Annales télégraphiques* (3e série, t. XXIII, p. 42). Ce Rapport, rédigé par M. J. Violle, contient un historique fort intéressant de la genèse de ces unités électriques internationales qui jouent maintenant un rôle si important dans le développement des applications de l'Électricité.

A. Cornu.



COMMISSION DU CABLE DU PACIFIQUE

Les rapports, procès-verbaux, etc., de la *Commission du Câble du Pacifique* viennent de paraître dans le recueil des documents parlementaires du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande. Nous aurons sans doute l'occasion de revenir sur les renseignements contenus dans cet important document. Nous donnons aujourd'hui la traduction de l'acte constitutif de la Commission et le rapport de celle-ci.

ACTE CONSTITUANT LA COMMISSION.

Je nomme :

Le Très Honorable *William Waldegrave*, comte de Selborne, sous-secrétaire d'État des Colonies ;

Georges Herbert Murray, Esquire, principal clerc au Département du Trésor ;

Sir Donald Alexander Smith, haut commissaire du Canada ;

L'Honorable Sir *Mackenzie Bowell*, membre du Conseil privé du Canada ;

L'Honorable Sir *Saul Samuel*, agent général de la Nouvelle-Galles du Sud ;

Et L'Honorable *Duncan Gillies*, agent général de Victoria ;

Membres d'une Commission appelée à examiner, à tous points de vue, le projet de pose d'un câble entre l'Amérique septentrionale britannique et les colonies

d'Australasie. Cette Commission aura à faire connaître, pour être examinées par le Gouvernement de Sa Majesté, ses vues sur les questions suivantes :

1. La pose de ce câble est-elle pratique au point de vue technique?

2. En cas d'affirmative, quelle route faudrait-il faire suivre à ce câble?

3. Quels seront les frais : *a*) de pose, *b*) d'entretien du câble en question, *c*) d'exploitation annuelle?

4. Quelles sont les recettes réalisables du chef des télégrammes qui passeront par ce câble?

5. Ce câble doit-il être possédé et exploité par le Gouvernement, ou par une Compagnie subventionnée?

6. Si ce câble est propriété nationale, quelle est la méthode à suivre comme exploitation et administration?

7. Quelle est la forme à donner au contrat que devra signer le soumissionnaire chargé de la construction?

La Commission est invitée à faire connaître ses vues sur les questions secondaires et d'un caractère pratique qu'elle pourra rencontrer au cours de ses recherches.

Si, après examen par le Gouvernement de Sa Majesté, le Rapport de la Commission rend une pareille mesure opportune, le Chancelier de l'Échiquier, auquel j'apporterai mon concours, discutera avec les représentants du Dominion du Canada et des colonies australasiennes le côté financier de la question, en tant que cette question portera sur les intérêts des Gouvernements en cause.

Signé : J. CHAMBERLAIN.

2 juin 1896.

NOMINATION COMPLÉMENTAIRE.

Je nomme l'Honorable *A.-G. Jones* membre de la Commission du câble transpacifique en remplacement de l'Honorable Sir Mackenzie Bowell, démissionnaire.

Signé : J. CHAMBERLAIN.

10 novembre 1896.

RAPPORT DE LA COMMISSION NOMMÉE POUR ÉTUDIER LE PROJET DE POSE D'UN CABLE TÉLÉGRAPHIQUE ENTRE L'AMÉRIQUE SEPTENTIONALE BRITANNIQUE ET LES COLONIES D'AUSTRALASIE.

1. La Commission a l'honneur d'exposer que, ayant été constituée par le Secrétaire d'État des Colonies le 2 juin dernier, elle a tenu sa première séance le 5 du même mois, mais que, par suite de retards inévitables, elle n'a pu commencer à recueillir des informations avant le 12 novembre suivant.

2. La Commission désire avant tout exprimer sa reconnaissance à M. Sandford Fleming dont les travaux importants à propos de la question d'un câble transpacifique ont jeté un jour considérable sur le projet en cause et considérablement facilité l'exécution de la tâche imposée. La Commission a en outre à remercier toutes les personnes qui ont bien voulu se laisser interroger et dont les réponses portent sur tout l'ensemble de l'enquête qu'elle avait à effectuer.

3. La Commission a examiné avec soin les réponses qu'elle a obtenues ainsi que les autres informations, portant sur le même objet, qui lui ont été soumises;

et elle a l'honneur de présenter le rapport ci-après sur les questions dont elle a été saisie.

4. La Commission estime que la méthode la plus convenable consiste dans l'exposé de ses appréciations d'après l'ordre suivant lequel les points à étudier ont été indiqués dans l'Acte qui l'a constituée.

I. Possibilité.

5. Personne ne discute la possibilité, au point de vue technique, de réaliser le projet en cause, bien que la profondeur, probablement plus de 3000 brasses (*fathoms*) (*) sur certains points, soit la plus grande à laquelle on ait jamais immergé un câble quelconque. La Commission estime que des sondages préliminaires sont indispensables : car il importe de reconnaître avant l'immersion et d'éviter au cours de cette opération, toutes dépressions considérables des fonds océaniques, dépressions qui pourraient entraîner d'abord la « suspension » puis, avec le temps, la rupture du câble. Les sondages dont il s'agit pourraient se faire pendant la fabrication du câble; on pourrait en confier l'exécution aux entrepreneurs, sous la surveillance d'un agent délégué par les propriétaires du câble; une prescription à cet effet, convenablement détaillée, pourrait être formulée au contrat. Les informations dont on dispose dès maintenant sur la route à suivre sont suffisantes pour permettre d'évaluer le prix du câble projeté; et il y a lieu de supposer que les résultats des sondages nouveaux recommandés ici ne seront pas de nature à provoquer de majoration importante dans les prix soumissionnés.

(*) Le *fathom*, ou brasse anglaise, vaut $1^{m},829$.

6. En outre, il sera indispensable de procéder à un examen attentif des diverses îles ci-après mentionnées, de manière à déterminer les lieux d'atterrissement les plus avantageux.

II. Route.

7. La Commission recommande que l'on fasse partir le câble de Vancouver en l'acheminant par l'île Fanning ou par l'île Palmyra, puis Fiji et l'île Norfolk; puis de ce dernier point, des embranchements seraient créés vers le Queensland et la Nouvelle-Zélande. Sans nul doute il y aurait un avantage marqué à faire passer le câble en question par les îles Hawaï, et non par l'île Fanning ou l'île Palmyre : car on aurait ainsi une section plus courte et conséquemment moins coûteuse à vitesse de transmission égale ou encore donnant plus de vitesse à égalité de prix de revient; en outre Honolulu fournirait un certain nombre de télégrammes, tout au moins tant que cette ville ne sera point desservie par un câble partant de Californie. Néanmoins l'itinéraire en question impliquerait une dérogation au principe consistant à fixer en territoire britannique tous les points d'atterrissement : comme les Gouvernements du Canada et de l'Australasie ont formellement adhéré à ce principe lors des conférences d'Ottawa et de Sidney, la Commission estime qu'il s'y faut tenir et que, en y renonçant, on introduirait un changement considérable dans l'avant-projet approuvé lors de ces conférences.

8. Par la route préconisée, en faisant entrer en ligne de compte un « mou » de 10 pour 100, le câble

présenterait un développement d'environ 7,986 milles marins(*), savoir :

Vancouver à l'île Fanning, 3.561 milles; un peu moins de Vancouver à l'île de Palmyre;

Ile Fanning à Fiji, 2.093 milles; un peu moins de l'île Palmyre à Fiji;

Fiji à l'île Norfolk, 961 milles;

Ile Norfolk à la Nouvelle-Zélande, 537 milles;

Ile Norfolk au Queensland, 834 milles.

9. Le câble transpacifique, en tant que moyen de communication entre l'Australasie et l'Europe, serait naturellement dans la dépendance des lignes terrestres d'Amérique et des câbles transatlantiques; il devrait donc entrer en composition avec ces entreprises. De pareils arrangements sont conclus par toutes les compagnies de câbles sous-marins, lesquelles sont évidemment dans l'obligation de s'entendre avec les lignes terrestres qui apportent ou qui transmettent leurs messages. La seule ligne télégraphique reliant actuellement la côte orientale à Vancouver est celle de la Compagnie « Canadian Pacific Railway ». Cette entreprise prend contact à Canso (Nouvelle-Écosse) avec la Compagnie « Commercial Cable » qui possède trois câbles entre la Grande-Bretagne et Canso; le caractère de l'arrangement existant entre ces deux entreprises figure dans la correspondance télégraphique que contient l'annexe au présent Rapport. La Compagnie « Commercial Cable » est de nationalité américaine, mais elle a tous ses points d'atterrissement en territoire britannique. On assure que les autres compagnies transatlantiques, anglaises ou étran-

(*) Il s'agit ici de milles marins anglais de 1854 mètres.

gères, sont en association avec la Compagnie « Western Union Telegraph » qui est une société également américaine.

10. La « Western Union » prend actuellement contact, à Montréal, avec les lignes télégraphiques de la Compagnie « Canadian Pacific Railway » ; mais suivant toute probabilité, si un câble transpacifique reliait Vancouver à l'Australie, elle se rattacherait à Vancouver (à supposer que ce rattachement ne soit pas déjà fait) en prolongeant ses lignes au travers du territoire des États-Unis jusqu'à la Colombie britannique.

11. Eu égard à l'état de choses ci-dessus exposé, l'entreprise du Transpacifique aurait pour les routes, le choix entre :

Une Compagnie de câble américaine ayant toutes ses stations sur territoire Britannique et prenant contact avec un réseau terrestre établi sur territoire britannique, exploité par une société britannique ;

Ou des Compagnies de câbles, soit britanniques, soit américaines, ayant des stations sur territoire britannique ou américain et reliées à un réseau terrestre exploité par une Compagnie américaine et établi, pour la plus grande partie, sur territoire américain.

III. Prix de revient.

12. Le prix d'établissement du câble dépend principalement des matériaux utilisés dans la construction de ce câble; et comme la qualité de ces matériaux peut être vérifiée, la question à résoudre ne porte en somme que sur un seul facteur, la quantité. Les arma-

tures extérieures sont à peu près identiques dans tous les cahiers des charges, selon le cas à traiter; mais les quantités de cuivre et de gutta-percha varient selon le degré de vitesse de transmission à atteindre, et, au demeurant, la question du prix de revient dépend de ces deux derniers facteurs : aussi plus un câble renferme de cuivre et de gutta-percha, plus rapide est la transmission qu'il permet et plus il coûte cher. Pour toutes les sections, sauf en ce qui concerne le long parcours de Vancouver à l'île Fanning, les opinions quant à la composition à donner au câble ne diffèrent pas de beaucoup; et comme la vitesse de transmission de toute la ligne se trouve commandée, pour le trafic de transit, par celle de la section la plus longue, il suffira d'examiner en détail cette dernière.

13. Sur ce point spécial de son enquête, la Commission a recueilli un grand nombre d'appréciations techniques données par des électriciens expérimentés. Ces appréciations diffèrent entre elles sur certains points importants; aussi la Commission se trouve-t-elle dans la nécessité de formuler ses conclusions propres, déduites des opinions recueillies.

14. Les points principaux que la Commission a eu à examiner sont les suivants :

1. Le poids par mille marin à donner à l'âme la plus apte à desservir la longue section;

2. La vitesse théorique de transmission réalisable avec une âme donnée sur un parcours donné;

3. La détermination de la vitesse pratique réalisable qui se traduit en lettres transmises et « payantes », en se basant sur la vitesse théorique de transmission;

4. Le nombre des heures durant lesquelles, commer-

cialement parlant, un câble peut fonctionner chaque jour.

Ame. — 15. Les âmes recommandées à la Commission varient de 500 livres(*) de cuivre avec 320 livres de gutta-percha (M. Siemens) à 800 livres de cuivre avec 550 livres de gutta-percha (M. Preece, du General Post Office); mais la Commission a décidé de choisir, entre les limites ci-dessus, deux types qui lui ont été recommandés pour différents motifs et d'examiner ces deux types en détail.

16. Le premier de ces types contient 552 livres de cuivre et 368 livres de gutta-percha; c'est celui que Lord Kelvin a signalé, en novembre 1895, à l'attention de la Compagnie « India-Rubber, Gutta-Percha and Telegraph Works. »

17. La Commission estime que ce serait une économie mal entendue d'immerger un câble d'un modèle plus léger, car la vitesse de transmission se trouverait trop réduite.

18. Quant au second type, il accuse 650 livres de cuivre et 400 livres de gutta-percha; c'est celui adopté pour le câble immergé, en 1894, par la Compagnie « Anglo-American Telegraph. » La manipulation dans les grandes profondeurs d'un câble d'un poids très élevé, comporte de sérieuses difficultés mécaniques : aussi la Commission estime-t-elle qu'il ne serait pas prudent d'immerger, sur cette longue section, un câble dont l'âme serait plus lourde.

Vitesse théorique et vitesse pratique. — 19. Mais c'est surtout à propos de la vitesse réalisable avec un câble donné et sur un parcours donné que les diffé-

(*) Livre anglaise avoir-du-poids : 453^{gr},59.

rences entre les hommes de métier ont été les plus marquées.

20. Le Dr A. Muirhead, par exemple, a déclaré que, à son avis, un câble de 552 livres de cuivre et de 368 livres de gutta-percha donnerait, sur la longue section, avec des opérateurs expérimentés, une vitesse de 80 lettres par minute, pourvu que l'on employât la méthode de transmission automatique; il a ajouté que, dans les mêmes conditions, un câble de 650 livres de cuivre et de 400 livres de gutta-percha donnerait une vitesse de 95 lettres par minute.

21. D'autre part, M. Preece a prétendu que l'âme mentionnée en dernier lieu, sur le même parcours et avec le même procédé, donnerait une vitesse n'atteignant pas tout à fait 63 lettres par minute.

22. De leur côté, M. H. Gray et M. Lucas, exprimant leur opinion personnelle ainsi que celle du défunt amiral sir Georges Richards et des représentants de la Compagnie « Eastern Extension Telegraph », ont évalué à 70 lettres par minute, la vitesse possible.

23. M. Siemens, lui, a indiqué le même nombre de 70 lettres par minute pour un câble de 500 livres de cuivre et de 320 livres de gutta-percha, tandis que M. Preece laissait prévoir une vitesse de 85 lettres par minute sur un câble de 800 livres de cuivre et 550 livres de gutta-percha.

24. Lord Kelvin a écrit à la Commission que, à son avis, on pouvait compter obtenir 60 lettres par minute et qu'on pourrait même atteindre à 80 lettres par minute sur la longue section, avec une âme de 552 livres de cuivre et 368 livres de gutta-percha.

Toutes les personnes consultées ont donné la vitesse théorique par eux prévue avec transmission en simplex.

25. Relativement aux déductions à tirer de la vitesse théorique pour connaître la vitesse pratique, les divergences d'opinion n'ont pas été moins remarquables.

26. Cette divergence s'explique par le fait que les raisonnements présentés s'appuient, dans une mesure importante, sur le système d'exploitation appliqué aux différentes lignes. Ainsi, en ce qui concerne les lignes transatlantiques où la concurrence est très active et les heures relativement limitées et où les règlements de la Convention Télégraphique Internationale ne trouvent pas leur application, on est parvenu à réduire les mots non payants à environ 16 pour 100.

27. D'autre part, la même proportion est beaucoup plus accentuée, sur les lignes d'Orient : car ces lignes, disposant de *fonds de réserve* très importants, allouent plus de marge pour les mots non payants; en outre, elles ont des heures de travail plus nombreuses et doivent appliquer les règles de la Convention Internationale. M. Preece estime qu'une rapidité théorique d'à peu près 63 lettres par minute donnerait, pour l'âme de 650 livres de cuivre et 400 livres de gutta-percha, une transmission pratique de 28 lettres payantes par minute. M. Lucas, lui, déclare qu'une vitesse théorique de 70 lettres par minute sur la même âme équivaudrait à quatre ou cinq mots payants par minute. M. Lamb, de l'Office Général des Postes, estime qu'il faut déduire 55 pour 100 de la vitesse théorique pour obtenir la vitesse pratique d'un câble donné. M. Ward, administrateur de la Compagnie « Commercial Cable », évalue à 16 pour 100 la réduction totale à faire pour le travail non rétribué; M. Carson, de la Compagnie « Anglo-American Telegraph » l'évalue

à 15 pour 100; et M. Gray, de la Compagnie « India-Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works », à 17 pour 100. M. T. B. Ffinch, Directeur en chef du Département des Télégraphes indo-européens du gouvernement de l'Inde, lequel est chargé du service télégraphique jusqu'à Karachi et à travers la Perse, estime que pour une dépêche de 12 mots payants, chacun de 8 lettres, la moyenne des indications de service à transmettre se chiffre par 10 lettres. Il a ajouté que la correspondance administrative, inévitable sur les lignes dont il a la charge, représente moins de 5 pour 100 de l'ensemble du trafic. En somme, il évalue à environ 17 pour 100 le total des transmissions non productives imposées par les circonstances.

Par vitesse théorique d'un câble, la Commission entend le nombre maximum de mots qui peuvent être transmis en une minute et qu'un opérateur expérimenté peut lire immédiatement et facilement. Quant à la vitesse pratique, c'est la quantité maxima de mots qui reste après les déductions effectuées pour les mots non payants et pour les pertes de temps.

28. La Commission a constaté que les déductions dont il s'agit étaient faites pour :

1. Les indications et préfixes de service tels que station d'origine, numéro des télégrammes, heure, date, etc.;

2. Les répétitions, erreurs de transmission, rectifications;

3. Les intervalles nécessaires à observer entre les télégrammes, le temps perdu par les opérateurs, etc.;

4. Les messages de service liés au trafic normal payant.

Il existe, naturellement, d'autres télégrammes administratifs nécessités par le service de la ligne; mais ces derniers peuvent être ajournés le plus souvent jusqu'au moment où les télégrammes payants font défaut.

29. En examinant la présente question, il ne faut pas perdre non plus de vue que, d'ordinaire, quand on évalue à un certain nombre de mots la vitesse d'un câble par minute, ces mots sont supposés de cinq lettres chacun. Mais dans la pratique la moyenne pour chaque mot est de huit lettres, et cette augmentation est due à ce que le public utilise des termes de code et en outre à ce que les télégrammes « en clair » omettent un grand nombre de conjonctions et de prépositions.

30. Quant aux « mots » à ajouter à chaque télégramme, indications et préfixes de service, ils ne comptent pas, généralement, plus de deux ou trois lettres chacun.

31. Après examen attentif de toutes les informations recueillies sur cette question spéciale, la Commission estime qu'il suffit amplement de déduire 33 pour 100 de la vitesse théorique pour trouver la vitesse pratique ou le nombre des mots payants.

32. L'évaluation ci-dessus a été dictée par la prudence.

33. Il ne semble pas y avoir de motif pour que, en administrant rationnellement, on ne maintienne point le trafic « improductif » du câble transpacifique plus rapproché du trafic transatlantique de même espèce que du trafic des lignes d'Orient. Cependant il ne faut point perdre de vue les pertes de temps qui se produisent inévitablement durant chaque heure de travail, et il ne faut pas non plus oublier que l'usage des

termes empruntés aux Codes (c'est-à-dire des termes généralement longs) tend à s'étendre.

34. Il a été exposé à la Commission que l'exploitation d'un câble transpacifique devrait sans doute se faire conformément aux règles de la convention télégraphique internationale; mais peut-être, s'il s'agissait d'une ligne touchant seulement le territoire Britannique, serait-il possible de se soustraire à pareille nécessité.

35. Dans son évaluation à 33 pour 100, la Commission a voulu tenir compte de toute réduction qui pourrait se produire dans le pouvoir rémunérateur du câble.

A en juger par les résultats qu'ont obtenus les compagnies transatlantiques, on pourrait réduire considérablement ce pourcentage.

Nombre des heures de travail pour chaque jour. — 36. Sur ce point également les appréciations formulées par les personnes qu'on a consultées sont quelque peu en désaccord; mais la Commission estime qu'il est modéré de prévoir 18 heures de travail chaque jour. En faisant ce calcul on a tenu compte, mais dans une très faible mesure, du fonctionnement en duplex.

37. Par travail en duplex on entend le système grâce auquel le même câble transmet simultanément des dépêches à ses deux extrémités. Avec le duplex on peut augmenter d'environ 80 pour 100 le rendement du travail en simplex. Mais on ne peut obtenir tous les avantages réalisables avec le système duplex que si les heures de travail sont à peu près les mêmes aux deux extrémités du câble. C'est ce qui arrive par exemple sur la ligne Londres-Lisbonne; par contre, entre Londres et New-York, où la différence de temps

se chiffre par à peu près cinq heures, le fonctionnement en duplex ne peut avoir lieu de façon régulière que durant les quelques heures d'activité communes aux deux villes. D'autre part, entre le Royaume-Uni et l'Australie orientale où la différence se chiffre par environ dix heures, en sorte que la nuit d'un pays correspond presque exactement au jour de l'autre, le travail en duplex ne serait possible que dans une mesure minime.

38. La Commission est arrivée à conclure qu'on peut raisonnablement compter sur un rendement de 40 lettres payantes par minute avec l'âme de 552 livres de cuivre et 368 livres de gutta-percha.

39. Quant à l'âme de 650 livres de cuivre avec 400 livres de gutta-percha, on peut espérer qu'elle donnerait 48 lettres payantes par minute.

40. Pour obtenir la capacité de transmission de ces câbles durant une année, il faut multiplier les chiffres ci-dessus par 60 (minutes à l'heure) ; puis par 18 (heures de travail chaque jour) et enfin par 300 (jours ouvrables dans l'année). On obtient ainsi les totaux suivants :

A raison de	40 lettres payantes	ou	5 mots . .	1 620 000 mots.
—	48	—	6 mots . .	1 944 000 mots.

41. On voit que le plus bas de ces totaux dépasse de beaucoup l'ensemble du trafic télégraphique annuel de l'Australie, sauf celui réalisé en 1895.

Frais de pose. — 42. La Compagnie « India Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works » a offert d'immerger la totalité du câble sur la route recommandée, en dotant la longue section du premier des types sus-

mentionnés, contre payement de 1 517 000 livres sterling (*). Cette somme doit comprendre les frais de construction, dans chaque station, d'une maison d'habitation convenable et d'une salle de travail pourvue d'un double jeu de tous les appareils utiles; elle doit comprendre également les frais correspondant pour une période de trois ans à l'emploi de deux navires chargés des réparations ainsi qu'à l'entretien de ces navires et du câble.

43. Le devis ci-dessus prévoyait en outre un mou de 10 pour 100.

44. La prévision faite pour le mou est, de l'avis de la Commission, largement suffisante pour la pose; mais la Commission estime qu'il conviendrait de fabriquer en même temps une autre quantité de 10 pour 100 et de faire supporter les frais provenant de ce dernier chef au fonds spécial à constituer pour réparation et entretien dont il sera question ci-après.

45. La condition d'entretien pour une durée de trois ans a été formulée par le gouvernement canadien, lorsque ce dernier a provoqué des soumissions. Quant à la Commission, elle ne se dissimule pas qu'il y a un certain avantage à avoir l'entretien garanti durant les trois premières années, mais elle estime qu'un semblable délai n'est pas nécessaire pour l'appréciation correcte de l'état original du câble lors de la pose, et qu'il est trop court pour permettre de juger de sa durée probable au fond de l'eau; elle croit donc qu'il faudrait se borner à exiger des entrepreneurs l'entretien du câble pendant une durée de six mois. En modifiant ainsi le régime à imposer, on obtiendrait

(*) Livre sterling : 25f,22.

probablement un prix de revient réduit qui peut se calculer comme suit :

	1 517 000 liv. st.
A déduire les frais d'entretien pour trois ans; ces frais ont été évalués à 40 000 liv. st. par an pour les deux navires et à 30 000 liv. st. par an pour le câble.	210 000 —
	1 307 000 liv. st.
A ajouter pour l'entretien durant six mois, aux taux ci-dessus.	35 000 —
A ajouter pour l'achat de deux navires destinés à exécuter les réparations.	80 000 —
	1 422 000 liv. st.

ou en chiffres ronds, et en laissant une disponibilité de 78 000 liv. st. pour les dépenses diverses à payer sur le capital de premier établissement, 1 500 000 liv. st.

46. Il semble probable qu'un autre constructeur formulerait des propositions sembables.

47. En ce qui concerne le coût probable d'un câble correspondant au second type ci-dessus, les informations soumises à la Commission peuvent se résumer ainsi :

48. La Compagnie « Telegraph Construction and Maintenance » estime qu'un câble de Vancouver à la Nouvelle-Zélande, *viâ* Honolulu, reviendrait à 1 870 000 liv. st., y compris 37 000 liv. st. pour l'installation de cinq stations. La distance (sans mou) se chiffrerait par 6 352 milles marins, et la plus longue section (de Vancouver à Honolulu) aurait un développement de 2 325 milles marins. Quant au parcours recommandé par la Commission, il mesure (sans mou) 7 186 milles marins, et sa plus longue section aurait environ 3 200 milles. Par suite, pour ce type, sur la

base du devis ci-dessus, le prix de revient dépasserait de beaucoup 2 000 000 liv. st.

49. En réponse à une question à elle posée par le gouvernement canadien, la Compagnie « India Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works » a fait connaître que son prix, pour un câble donnant 15 mots par minute, serait de 1 672 000 liv. st., et de 1 880 000 liv. st. pour un câble donnant 18 mots par minute; mais cette Compagnie n'a pas donné de spécification pour ces deux câbles.

50. De leur côté, les représentants de la Compagnie « Eastern Extension Telegraph » ont évalué à environ 1 650 000 liv. st. le prix d'un câble, entre Vancouver et l'île Fanning, qui aurait une âme de 650 livres de cuivre et de 400 livres de gutta-percha avec un mou de 15 pour 100. Dans la somme ci-dessus, ils ont prévu les frais de construction des bureaux et de fourniture des appareils. Enfin la Compagnie « Henley Telegraph Works » a soumissionné pour un câble du même type, avec stations complètement installées et meublées et avec des guérites d'atterrissement, pour une somme de 1 492 000 liv. st.

51. M. Preece, lui, estime qu'un câble d'âme plus lourde pour la section allant jusqu'à l'île Fanning (800 livres de cuivre et 550 livres de gutta-percha) coûterait un peu plus de 2 000 000 de liv. st. Il semble possible, d'après ce qui précède, de se procurer pour 1 800 000 liv. st. un câble des dimensions considérées. Il serait imprudent d'évaluer plus bas un câble de l'espèce.

Frais d'exploitation. — 52. La Commission évalue à 17 000 liv. st. les frais annuels d'exploitation dans les bureaux de la ligne projetée, et cela en tenant

compte de la position géographique de ces stations et du prix de la vie matérielle.

53. En outre la Commission estime à 5000 liv. st. les frais de l'Administration centrale — ce qui donne, comme frais annuels d'exploitation, une somme totale de 22000 liv. st.

Entretien et réparations. — 54. En ce qui concerne l'entretien et les réparations, il est naturellement impossible de prévoir les interruptions qui pourront se produire durant une année quelconque et les dépenses qu'il y aura lieu de faire pour rétablir la communication. Il convient cependant d'observer que la réparation d'un câble consiste dans la substitution d'un matériel nouveau à un matériel ancien, de manière que, avec le temps, la totalité du câble puisse être remplacée; et cette circonstance fournit quelques indications quant à la somme annuelle qu'il y a lieu de mettre en réserve, non seulement pour couvrir les frais de réparation au cas d'interruption, mais encore pour remplacer complètement le câble, en tant que la chose serait nécessaire, dans un laps de temps déterminé. Ainsi on effectuerait le remplacement complet dn câble dans un délai de 40 ans en immergeant chaque année 200 milles de ligne; et, si on évalue le prix de revient à 200 liv. st. par mille en chiffres ronds, cette opération entraînerait, chaque année, une dépense de 40000 liv. st. La Commission n'entend pas dire qu'il sera nécessaire de remplacer chaque partie du câble d'année en année et que pareille somme devra être dépensée chaque année pour les réparations; en faisant remarquer que la somme ci-dessus couvrirait non seulement les réparations courantes mais qu'elle équivaudrait, au bout de 40 années, à la répa-

ration de la totalité du câble, la Commission veut donner à comprendre qu'il n'y a pas lieu de prévoir de ce chef une dépense supérieure à 40 000 liv. st. par an. A ce chiffre, toutefois, il faut ajouter les frais fixes de deux navires chargés des réparations, soit 30 000 liv. st., si bien qu'on peut prévoir, du chef de l'entretien et des réparations, une dépense annuelle totale de 70 000 liv. st.

55. Il convient d'ajouter que, d'après les informations recueillies, la grande profondeur du Pacifique constitue un facteur favorable à une longue existence du câble, mais que, d'autre part, cette grande profondeur augmentera les difficultés et le coût des réparations nécessaires.

Frais totaux annuels. — 57. Aux frais d'exploitation et d'entretien du câble il faut ajouter l'intérêt annuel à servir au capital, ainsi que la réserve à réaliser chaque année de manière à reconstituer le capital de premier établissement au bout d'un certain laps de temps.

58. Eu égard au caractère de l'entreprise projetée, la Commission estime qu'on peut raisonnablement fixer un délai de 50 ans pour la reconstitution du capital primitif.

59. Quant au taux de l'intérêt à servir, il dépend nécessairement, dans une large mesure, des conditions dans lesquelles le capital nécessaire sera constitué : par suite, la Commission a jugé convenable d'établir ci-après quatre devis des charges annuelles totales auxquelles il faudra faire face, selon le type de câble choisi et le taux de l'intérêt à servir.

60. Dans chaque cas, on a calculé le fonds d'amortissement de manière à pouvoir reconstituer, dans un délai de 50 ans, le capital primitif.

	AVEC UN CAPITAL de 1 500 000 liv. st.		AVEC UN CAPITAL de 1 800 000 liv. st.	
	Intérêt à 2 3/4 p. 100	Intérêt à 2 1/2 p. 100	Intérêt à 2 3/4 p. 100	Intérêt à 2 1/2 p. 100
	£	£	£	£
Intérêt.	41.250	37.500	49.500	45.000
Fonds d'amortissement	14.311	15.387	17.173	18.464
Dépenses d'exploitation.	22.000	22.000	22.000	22.000
Entretien	70.000	70.000	70.000	70.000
Total. . . . . . . £	147.561	144.887	158.673	155.464

61. L'Agent général de l'Australie méridionale, obéissant aux instructions de son gouvernement, a soumis à la Commission une réclamation portant que cette colonie désirait être indemnisée de la perte qu'elle aura à subir du fait de la diminution du trafic sur la ligne par elle construite au travers du continent australien, ligne qui absorbe aujourd'hui une forte part du trafic.

62. La Compagnie « Eastern Extension Telegraph » pourra formuler une réclamation à peu près identique si un câble traversant le Pacifique vient à être établi avec le concours du gouvernement. N'ayant reçu aucune demande d'indemnité, la Commission s'abstient de formuler quelque opinion sur le plus ou moins de bien fondé d'une pareille réclamation.

63. Quant au gouvernement Indien, dont la situation est à de nombreux points de vue identique à celle du gouvernement de l'Australie méridionale, il a fait connaître qu'il n'entendait pas formuler de réclamation analogue.

IV. Recettes.

64. Les recettes dépendent de l'importance du trafic, et il n'existe pas de données certaines permettant d'évaluer l'importance de ce trafic. Les représentants de la Compagnie « Eastern Extension Telegraph », d'une part, et M. Lamb, du General Post Office d'autre part, estiment que, sur l'ensemble du trafic de 1895, la quantité qui serait détournée au profit du nouveau câble serait de 672297 et de 620000 mots respectivement. M. Sandford Fleming, dans sa déposition, l'évalue à la moitié du trafic actuel. Après examen de toutes les informations recueillies à ce sujet, estimant qu'elle doit procéder avec une précaution extrême en cette matière, la Commission adopte le nombre de 750000 mots (entre la moitié et le tiers) comme base de calcul pour 1896. La Commission estime en outre qu'elle peut, dans son devis, prévoir une augmentation annuelle du trafic à raison de 10 pour 100 par an. En 1875, le trafic télégraphique australasien s'était chiffré par 235160 mots; en 1885, il avait atteint 537355 mots; en 1895, il a été de 1860423 mots. Par suite le taux d'augmentation adopté par la Commission est bien inférieur à la moyenne d'augmentation constatée durant ces dernières années; mais il importe d'user de prudence en tirant des conclusions de cet état de choses, car l'augmentation de ces dernières années a été hors de proportion avec l'accroissement des affaires qu'accuse la statistique des importations et exportations — ce qui semble indiquer un changement d'habitudes dans les transactions commerciales, ce changement ne peut être illimité; et

d'une autre part, il faut tenir compte des circonstances assez spéciales qui ont accompagné la découverte de mines d'or dans l'Australie occidentale. Quant au trafic américano-australasien qui est aujourd'hui très faible, la Commission ne possède pas de données pour en évaluer l'augmentation probable; mais tout permet de croire que l'existence d'un câble transpacifique développerait, dans une mesure importante, le trafic en question. D'autre part, on pourrait encore compter sur un petit trafic local dans les limites de l'océan Pacifique lui-même.

65. Les particularités ci-dessus exposées montrent que les Commissaires ont fait preuve de modération dans leurs évaluations. Mais la Commission, en établissant son devis, n'a point perdu de vue : d'une part, que les Compagnies télégraphiques de l'Orient ont une exploitation remontant déjà à de longues années et possédant des relations étendues; d'autre part, que si le câble transpacifique venait à subir une interruption prolongée, le trafic éprouverait de ce chef (en l'absence d'une seconde ligne) un sérieux préjudice. Il ne faut pas d'ailleurs perdre de vue ce fait que les Compagnies de câbles transatlantiques d'Angleterre auraient intérêt à recueillir des télégrammes pour un câble transpacifique.

66. Le montant de la taxe de transit dépendrait, naturellement, des conditions arrêtées avec les Compagnies transatlantiques et avec les lignes terrestres américaines; à ce sujet, la Commission est seulement en mesure de dire que, suivant les informations par elle recueillies, on pourrait obtenir une taxe d'un shilling (*) entre la Grande-Bretagne et Vancouver.

(*) Shilling : 1f,26.

67. Toutefois, si l'on prend comme base de calcul la taxe actuelle jusqu'en Australie qui est de 4 sh. 9 d. (*) par mot et si l'on admet que la taxe actuelle de 1 sh. 6 d. entre Londres et Vancouver pourrait être maintenue, le câble transpacifique recevrait 3 sh. 3 d. par mot, ce qui, à raison de 750 000 mots en 1896, donnerait 121 875 liv. st. En réduisant le tarif de manière à laisser au câble transpacifique une part de 2 shillings par mot, la recette serait de 75 000 liv. st., et la même recette s'élèverait à 56 250 liv. st. avec une part de 1 sh. 6 d. par mot. Les calculs ci-dessus ont été établis en partant de cette hypothèse que chaque mot paye le plein tarif. On ne fait ici aucune réduction pour les télégrammes de gouvernement ou de presse, parce que la Commission a déjà tenu compte de ces télégrammes en établissant le devis ci-dessus du trafic total. En dressant ce devis, on a en effet supposé que le câble transpacifique transmettrait la même proportion de télégrammes officiels et de télégrammes de presse que la route d'Orient, et à des taxes réduites dans une égale mesure. Or, d'après la statistique publiée par la Compagnie « Eastern Extension Telegraph » pour 1895, les mots de presse ont représenté environ 10 pour 100 du trafic total et les mots de télégrammes officiels à peu près 2 pour 100.

68. La Commission doit seulement ajouter, relativement à la question financière, que le câble transpacifique constituerait une ligne concurrente et qu'il y aurait lieu de l'administrer en conséquence. Alors qu'elle a cru devoir faire montre d'une extrême

(*) d., abréviation pour penny, douzième du shilling.

réserve dans ses évaluations, la Commission tient à dire expressément que, à son avis, le montant des dépenses et l'affluence d'un trafic plus en harmonie avec la capacité du câble dépendraient grandement, ici comme dans toutes autres entreprises industrielles, de l'énergie et du soin de la direction.

69. Les témoignages recueillis ont clairement démontré qu'une direction de premier ordre et l'adoption des méthodes les plus perfectionnées peuvent faire rendre à un câble beaucoup plus qu'une direction inférieure et l'application de méthodes vieillies.

Recommandation et résumé. — 70. Eu égard au trafic que l'on prévoit pour le câble, eu égard en outre à l'opinion exprimée ci-dessous, à savoir qu'il conviendrait d'immerger un second câble dans le plus bref délai possible, la Commission est arrivée à conclure que, pour la longue section de Vancouver à l'île Fanning, une âme de 552 livres de cuivre et de 368 livres de gutta-percha sera suffisante. Si cette solution est adoptée et si l'on évalue la dépense totale annuelle à 144.887 liv. st. en prévoyant une augmentation de 10 pour 100 par an sur les 750 000 mots de 1896, on trouve qu'un câble transpacifique, mis en service le 1er janvier 1900, gagnerait 178 437 liv. st. durant la première année de fonctionnement, si l'on appliquait la taxe de 3 sh. 3 d. par mot, ce qui laisserait un bénéfice net de 33 550 liv. st. D'autre part, avec une taxe réduite à 2 shillings le mot, le même câble gagnerait :

En 1900	109.807 liv. st.
En 1901	120.788 —
En 1902	132.867 —
En 1903	146.153 —

Il constituerait donc une entreprise rémunératrice dès la quatrième année d'exploitation.

V. Propriété.

71. La Commission estime que le câble devrait être a propriété des Gouvernements intéressés et être exploité par eux.

72. En formulant la conclusion ci-dessus, la Commission ne laisse pas de reconnaître qu'il est important de laisser, chaque fois que faire se peut, les entreprises commerciales aux mains des particuliers et de n'y pas faire intervenir l'État, fut-ce par une subvention. Mais, dans le cas examiné ici, il ne semble pas probable qu'on puisse obtenir de particuliers la somme suffisante pour la pose d'un câble transpacifique, si ces particuliers ne sont pas encouragés par une subvention dépassant celle que les Gouvernements intéressés sembleraient disposés à accorder.

73. Si le concours de l'État est indispensable sous une forme quelconque, la Commission estime qu'un système en vertu duquel les Gouvernements intéressés construiraient et posséderaient eux-mêmes le câble, comporterait plus d'avantages que celui de l'exploitation par une compagnie subventionnée.

VI. Administration.

74. La Commission estime que la direction générale devrait être attribuée à un directeur en résidence à Londres. Ce directeur agirait sous le contrôle d'un Conseil peu nombreux où se trouveraient représentés les Gouvernements associés. Le directeur correspon-

drait avec les autorités télégraphiques des Gouvernements respectifs relativement aux questions locales. Les détails pourraient se régler, sans difficultés, entre les Gouvernements intéressés.

VII. Contrat.

75. Le contrat devrait, dans ses grandes lignes, être établi dans les formes ordinaires, dont on trouvera des spécimens aux annexes. Il y aurait lieu d'y prévoir l'exécution de sondages préalables sous la surveillance d'un agent désigné par les Gouvernements et l'obligation pour le constructeur d'entretenir le câble durant six mois, comme cela a été recommandé plus haut. Dans les petites profondeurs, il faudrait revêtir le câble de laiton, pour le défendre contre les insectes marins. Quant aux détails de la spécification, ils ne présenteront aucune difficulté lorsque le type de la longue section aura été choisi, car les différents modes de construction des câbles sous-marins, aujourd'hui en usage, ne présentent pas de grandes différences entre eux.

Doublement. — 76. La Commission n'a plus qu'à ajouter que, à son avis, il serait nécessaire d'établir non pas un, mais deux câbles et que, si l'on peut faire suivre au second câble un parcours non entièrement britannique et si les circonstances le permettent, il y aurait avantage à immerger ce second câble sur une route un peu différente, *vià* Honolulu. La plupart des câbles, sur les routes importantes, ont été doublés; mais le plus souvent on s'est borné à immerger tout d'abord un seul câble et le doublement n'a suivi que plus tard, quand le succès de l'entreprise est venu

justifier une nouvelle dépense de premier établissement.

77. Cependant on devrait effectuer le doublement, la chose est hors de doute, dans le plus bref délai possible. On a d'ordinaire doublé les câbles pour en protéger et conserver le trafic en cas d'interruption, même lorsqu'on n'avait pas à redouter l'intervention de lignes rivales prêtes à mettre à profit toute interruption accidentelle. Par suite, il importe bien davantage encore de procéder à un doublement quand il s'agit d'une nouvelle ligne qui serait établie en concurrence avec une autre entreprise déjà existante.

78. Si le second câble suivait le même parcours que le premier, la dépense supplémentaire pourrait être considérée comme de 37 000 liv. st. inférieure à celle occasionnée par le premier; car le surplus de frais d'exploitation ne dépasserait certainement point 15 000 liv. st. et, d'autre part, on n'aurait pas de débours additionnels du chef des navires chargés des réparations. Avec le second câble immergé viâ Honolulu, d'autre part, non seulement on obtiendrait la réduction sus-mentionnée de 37 000 liv. st. dans les dépenses annuelles, mais on bénéficierait en outre d'une diminution très importante dans les charges destinées à subvenir au service de l'intérêt et à la constitution du fonds d'amortissement, car le capital requis serait moindre.

79. En conséquence de ce qui précède, si l'on admet les hypothèses suivantes, savoir : que le second câble suivra la même route que le premier, que le tarif sera abaissé à 2 shillings par mot, que cette réduction de tarif n'amènera pas un accroissement de trafic supérieur aux 10 pour 100 par an déjà mentionnés — dans

ce cas, les recettes totales annuelles dues aux deux câbles dépasseraient la dépense totale annuelle correspondante dans la dixième année à compter de la mise en exploitation du premier câble, c'est-à-dire à compter de 1900. Si l'on immergeait le second câble sur le parcours le moins cher, ou si le tarif n'était point abaissé à 2 shillings par mot, ou si l'accroissement annuel du trafic venait à dépasser 10 pour 100, on obtiendrait une réduction corrélative de la période durant laquelle la dépense annuelle totale dépassera le montant des recettes annuellement réalisées.

80. En outre, la situation financière des deux câbles serait très solide.

81. Il est d'usage, chez les propriétaires de câbles, de mettre chaque année de côté une somme suffisante pour permettre de maintenir les lignes en bon état et de remplacer dans un laps de temps donné le câble ancien par un câble nouveau. Les Compagnies considèrent ce système comme suffisant pour la reconstitution du capital de premier établissement. Toutefois la Commission, elle, estime que dans le cas du câble transpacifique, il faudrait former une réserve correspondant en pratique à la reconstitution du double du capital de premier établissement. Elle recommande donc d'abord de doter le compte annuel d'entretien d'une somme assez élevée pour que le câble soit complètement renouvelé dans un délai de quarante ans — de manière que, à l'expiration de cette période, les Gouvernements associés soient en possession d'un câble neuf ou, si l'on n'a pas entièrement renouvelé le vieux câble, de manière qu'ils disposent d'une réserve suffisante pour remplacer les parties encore existantes du câble primitif. En outre, la Commission

prévoit, dans ses calculs, le complet amortissement de l'emprunt initial au bout de cinquante ans. Il importe de ne point perdre de vue ces particularités en examinant le côté financier de la question.

82. La Commission ne saurait terminer le présent Rapport sans reconnaître la valeur des services que lui a rendus son secrétaire, M. W.-H. Mercer. C'est surtout grâce aux efforts de ce dernier que la Commission a pu s'acquitter convenablement et promptement de sa tâche. depuis qu'elle a commencé à tenir ses séances régulières.

SELBORNE, *président.*
DONALD A. SMITH.
A.-G. JONES.
SAUL SAMUEL.
D. GILLIES.
GEO. H. MURRAY.
W.-H. MERCER, *secrétaire.*

Ministère des Colonies, le 5 janvier 1897.



NOUVEAU TRANSLATEUR DE M. BAUDOT

DESSERVANT LE CIRCUIT PARIS-VIENNE (*)

Le télégraphe imprimeur multiple Baudot, qu'on peut appeler à juste titre une merveille de la science de l'électricité et dont l'usage commence à s'étendre, a subi dans les dernières années de notables perfectionnements, surtout relativement aux installations répondant aux divers buts de l'exploitation. Les lecteurs de ce journal seront plus ou moins familiarisés avec l'appareil Baudot, dont on trouve la description dans quelques traités de télégraphie d'origine assez récente (Tobler et Zetsche, *Der Betrieb und die Schaltungen der elektrischen Telegraphen*, Halle, 1891; — Thomas, *Traité de Télégraphie*, Paris, 1894; — E. Baudot, *La Télégraphie multiple*, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, vol. XI, 1894, et *Journal télégraphique*, vol. XIX et XX, 1895 et 1896); pourtant la publication d'un manuel spécial, comme il en existe plusieurs sur l'appareil Hughes, serait beaucoup à désirer. Nous en avons souvent parlé à M. Baudot, en notre qualité de vieil ami, mais il n'a pas pu se décider, espérant toujours trouver de nouveaux perfectionnements de son admirable instrument.

(*) *Journal télégraphique international de Berne*, t. XXIII, 1899, p. 49.

L'application de la translation à l'appareil Baudot constitue certainement un problème des plus intéressants, qui peut être résolu de différentes façons. Vers la fin de 1887, le Baudot double a été appliqué au service télégraphique de Paris-Rome avec un arrangement translateur à Turin. Cette installation très remarquable a fait l'objet d'un article que nous avons publié dans la *Lumière Électrique* (vol. 28, 1888) et qui a été reproduit par l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin (vol. 9, 1888). Nous en dirons quelques mots, puisque le translateur de Brégenz repose sur le même principe et n'est, en somme, qu'un perfectionnement de l'installation de Turin.

Dans l'exploitation d'une ligne par un système à transmission multiple, deux cas principaux peuvent se présenter :

1° Toutes les transmissions sont effectuées dans le même sens;

2° Une partie des transmissions est effectuée dans un sens et une partie de l'autre.

Dans le premier cas il faudrait, au poste translateur B, relier la ligne de A à l'électro d'un relais, la ligne de C allant à l'armature de ce même relais, la vis butoir de repos du relais à la pile négative, la vis de travail à la pile positive. Alors toutes les transmissions seraient évidemment dirigées de A vers C à travers le poste translateur B. Si le sens des transmissions doit être changé à un moment donné, il faut inverser les connexions en B, c'est-à-dire relier la ligne A à l'armature du relais et C à l'électro. Cette inversion se fait au poste translateur au moyen d'un distributeur marchant en synchronisme avec ceux des postes extrêmes et qui en même temps est chargé de

l'envoi des courants correcteurs. Cette émission de courants a lieu alternativement aux deux extrémités de la ligne et se fait par le poste translateur au moment où la section de ligne servant à cet usage serait inutilisée pour le service de transmission. On sait que la propagation du flux électrique sur les longues lignes est relativement lente, et l'on conçoit qu'entre le moment où un poste vient d'envoyer un signal à son correspondant et celui où il pourra recevoir un signal transmis par ce correspondant il s'écoule un temps égal au double de la durée de propagation du courant sur la ligne considérée. En particulier, entre le moment où B vient de retransmettre à C le dernier courant reçu par lui de A et celui où lui arrivera le premier courant envoyé par C pour un nouveau signal destiné à A, la ligne de B à C est inutilisée pour la transmission. C'est ce temps que B emploie pour envoyer à A les courants correcteurs du synchronisme.

Au printemps de 1897 les gouvernements de France et d'Autriche on fait établir le service du Baudot entre Paris et Vienne (nous écrirons *Wien*, à l'exemple des fonctionnaires des télégraphes français qui ont adopté cette manière d'écrire afin d'éviter la confusion qui pourrait se faire entre la désignation de la capitale de l'Autriche et la ville de Vienne, Isère). La ligne étant trop longue pour l'exploitation directe, M. Baudot a installé un système translateur à Brégenz notablement supérieur à celui de Turin, puisqu'il permet entre autres, par la simple manœuvre de commutateurs, d'avoir deux transmissions alternées ou bien dans le même sens, selon les besoins du trafic.

M. Baudot a eu l'obligeance de nous communiquer le plan complet de l'installation, lequel malheureuse-

ment ne se prêterait guère à la reproduction, vu ses dimensions, et une réduction au format des *Annales télégraphiques* rendrait les nombreux échevaux de fils allant aux commutateurs plus difficiles à suivre qu'ils le sont en réalité. Nous avons donc dû simplifier le tout en faisant l'analyse du plan et en nous bornant à reproduire le strict nécessaire.

Le poste translateur de Brégenz (*fig.* 1) possède un distributeur double, c'est-à-dire composé de deux plateaux ou couronnes de segments, parcourus par deux systèmes de balais placés sur le même axe; nous désignerons ces plateaux comme plateau postérieur (A) et antérieur (B), puisqu'ils sont placés aux deux côtés d'un socle moteur. En examinant la figure 1, on voit que (A) est constitué par trois couronnes, 1, 2 et 3, parcourues par la paire de balais 1′ 3′. Dans le plateau (B), les communications s'établissent : entre les couronnes I et IV par les balais I′ IV′, entre II et V par II′ et V′, et entre III et VI par III′ et VI′.

Nous allons considérer d'abord l'arrangement normal, donnant deux transmissions alternes.

Paris transmet à Wien.

Plateau (A). Balais sur le premier petit segment de la couronne 2, et sur le grand segment 1 de la troisième couronne.

Plateau (B). Balais II′ V′ sur 1 de II et couronne V, III′ VI′ sur 1 de III et couronne VI. Marche du courant de Paris : Ligne, couronne VI, couronne III, 1, électro du relais récepteur RR, terre. L'armature de RR se porte sur le butoir de droite relié au pôle + d'une

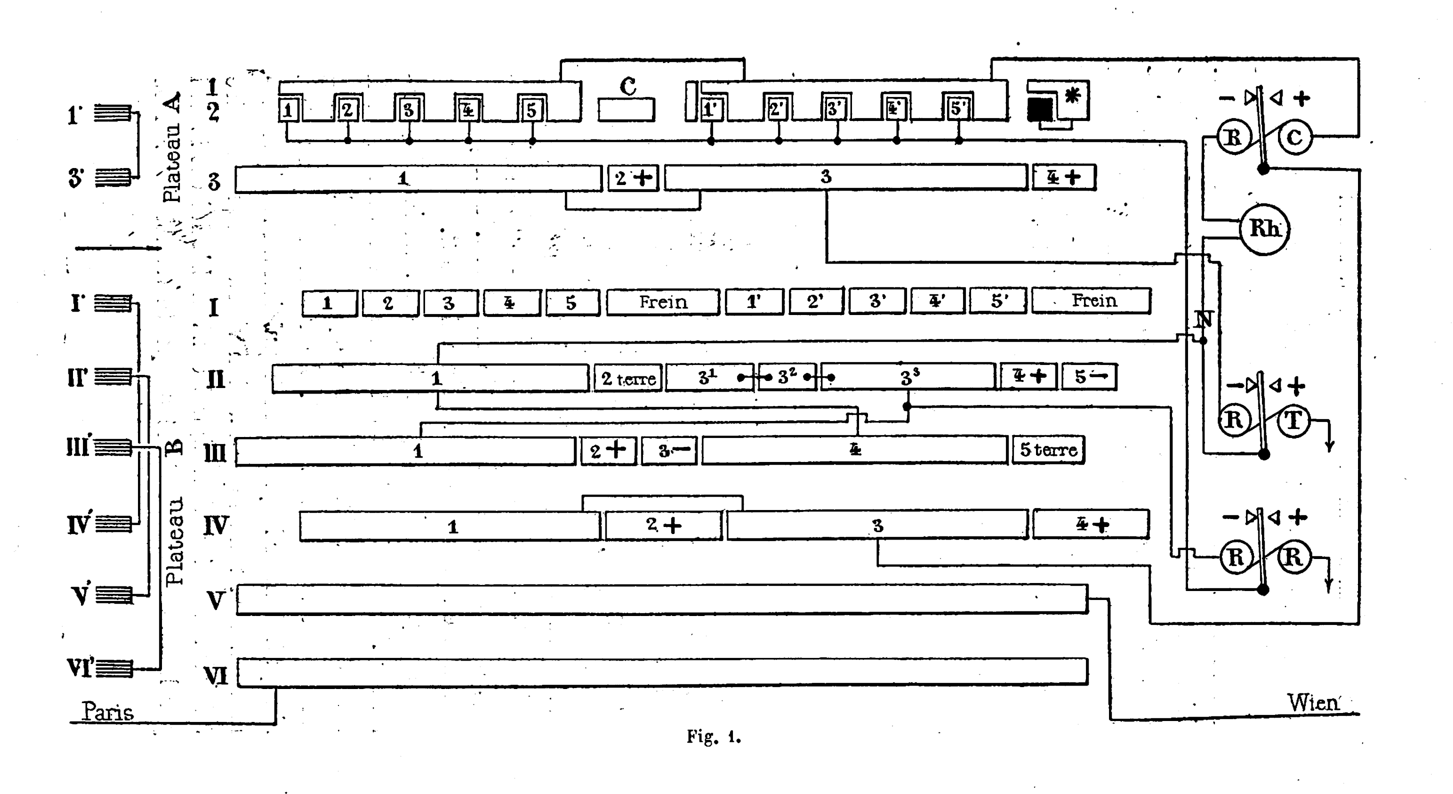

Plateau A
Plateau B
1
2
3
1'
3'
I
II
III
IV
V
VI
I'
II'
III'
IV'
V'
VI'
C
Frein
2 terre
5 terre
N
Rh
R
C
T
Paris
Wien

Fig. 1.

pile. Donc celle-ci émet un courant par l'armature de RR, plateau (A), couronne 2, petit segment 1, couronne 3, 1, électro du relais transmetteur RT, terre. L'armature de RT se déplaçant également, envoie le courant de la pile de ligne dans la couronne II du plateau (B), 1 balais II′ V′ dans la couronne V et dans la ligne de Wien. Cet état momentané est représenté par la figure 2. Les balais avançant, 1′ 3′ quittent le petit

Fig. 2.

segment de la 2e couronne et établissent la communication entre 1 et 3, en même temps [plateau (B)] I′ et IV′ touchent respectivement les segments 1 (couronne I) et 1′ (couronne IV). Le courant allant à Wien trouve donc une bifurcation au point N, par le rhéostat Rh électro du relais de contrôle RC, plateau (A), couronne 1, 3, électro de RT, terre. Donc, nous sommes en présence du schéma figure 3.

Ce courant dérivé a pour but ou fonction de renforcer l'action de l'électro de RT sur son armature, il rend à cette dernière l'énergie « perdue en ligne », en un mot il rectifie le signal. Le relais récepteur RR n'a qu'à donner la première impulsion au relais transmetteur RT, tandis que l'action vigoureuse nécessaire à la transmission d'un signal convenable lui est fourni par la source d'électricité du poste translateur. Nos

lecteurs admireront sans doute, de concert avec nous, l'élégante simplicité de cet arrangement.

Avant de suivre plus loin la marche des balais, disons un mot du contrôle de la translation, laquelle existait déjà dans l'installation de Turin. Le contrôle se fait à volonté par impression sur un traducteur Baudot, ou au son par un parleur. Comme il n'y a

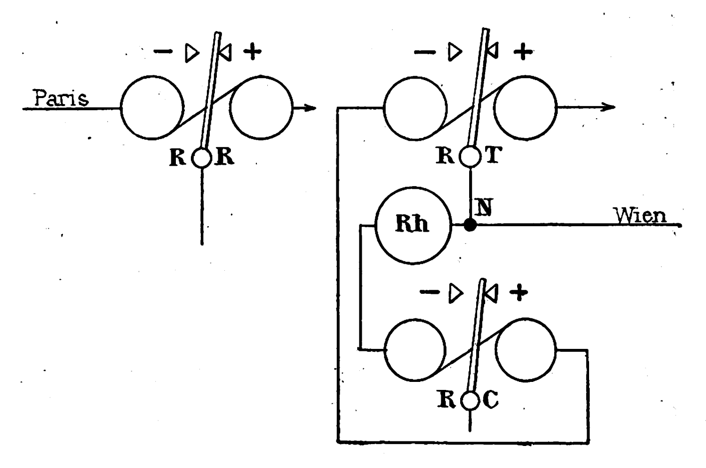


Fig. 3.

qu'un seul traducteur pour les deux directions, la transmission, disons de Paris à Wien, sera enregistrée par impression, les segments 1 à 5 de la première couronne étant reliés aux cinq électros du traducteur, celle de Wien à Paris par les battements du parleur communiquant avec les segments 1′ à 5′ de la couronne I. Un commutateur multiple permet d'intervertir les deux appareils à volonté.

Wien transmet à Paris.

La partie gauche des couronnes étant parcourue par les balais, ce sera maintenant le tour des segments destinés à l'envoi des courants correcteurs. Balais II′ V′ sur segment « terre » de la couronne II et sur couronne V, balais III′ VI′ sur segment correcteur + et couronne VI. Donc le courant correcteur + sera envoyé à Paris, la ligne de Wien se trouvant à la terre. Les balais ayant continué leur course, la ligne de Paris sera mise à l'armature de RT, la ligne de Wien à l'électro de RR, donc Wien transmet à Paris. Ensuite les courants des signaux passés, la correction dans la direction de Wien s'établira par les segments 4 et 5 de la couronne II et ainsi de suite.

Considérons maintenant le cas où deux transmissions seront dirigées dans le même sens, disons de Paris à Wien.

Les communications se changent d'un seul coup par la manœuvre d'un commutateur multiple, du modèle rustique, mais extrêmement solide que M. Baudot préconise depuis bon nombre d'années, cet appareil ayant déjà été décrit dans la brochure publiée par l'inventeur lui-même en 1886. En examinant la figure 4 on voit que le segment 1′ de la deuxième couronne est *inutilisé*, les cinq signaux sont réexpédiés par les segments 2′ 3′ 4′ 5′ et le petit contact (tout noir dans la figure 4) qui précède le contact marqué ✻. Ce changement s'obtient en faisant glisser le deuxième secteur et le contact marqué ✻ de la couronne du pla-

teau postérieur. On voit donc que la ligne de Paris se trouve reliée à l'électro de RR, celle de Wien à l'armature de RT, pendant tout le temps, sauf pendant l'intervalle consacré à la correction effectuée par les segments des couronnes II et III. Le contrôle des transmissions se fait absolument de la même manière que dans le cas de deux transmissions alternées, c'est-à-dire par le traducteur ou le parleur.

Si les deux transmissions étaient dirigées dans le sens opposé de Wien à Paris, il faudrait relier la ligne de Wien à la couronne VI, la ligne de Paris à la couronne V. Nous avons pensé que l'emploi d'un commutateur Bourseul se recommandait pour cette manœuvre; mais M. Baudot nous objectait que l'installation comptait déjà assez de commutateurs. En outre, le cas de cette inversion se présente rarement et l'on préfère avoir recours au grand permutateur du bureau où elle s'effectue très facilement.

Les besoins du service exigent que le poste translateur de Brégenz puisse se substituer à Paris pour transmettre à Wien, et à Wien pour transmettre à Paris; nous allons décrire cet artifice qui existait déjà dans le translateur de Turin. Admettons le premier cas : Brégenz transmet à Wien. Nous sommes en présence du plan fig. 1, avec cette différence toutefois que les cinq petits segments de la deuxième couronne (de gauche) sont séparés de l'armature de RR et reliés aux cinq touches du manipulateur. Donc les courants émis par ce dernier passeront dans le segment 1 de la couronne 3, électro de RT sera mis en marche, enverra le courant + par II et V dans la ligne de Wien et agira en même temps sur le relais de contrôle RC, comme dans le cas de deux transmissions alternées;

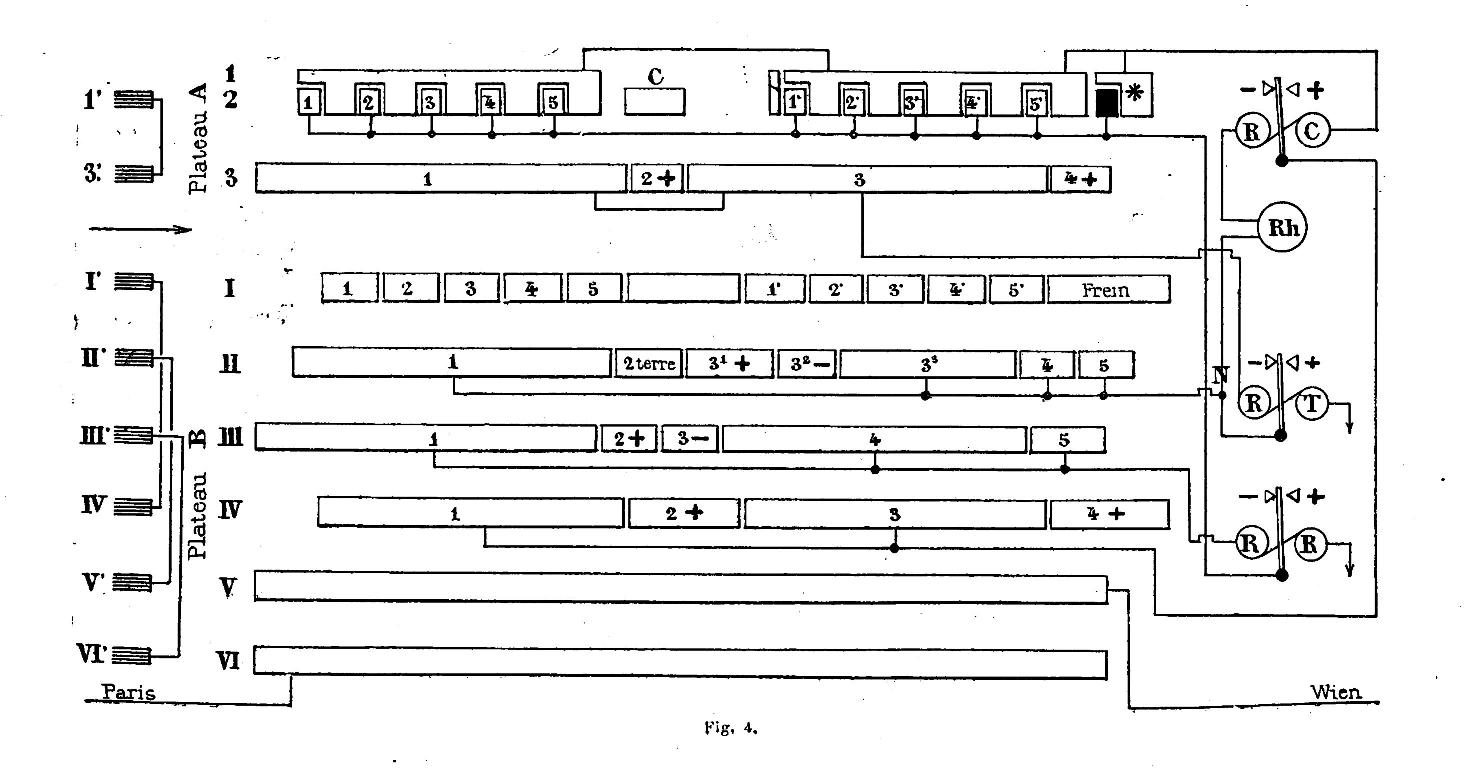


Fig. 4.

le contrôle sera effectué par la couronne IV et les segments 1 à 5 de la couronne I qui se trouveront tous reliés au parleur. L'envoi des courants correcteurs étant fait, les balais se trouveront sur la partie de droite des couronnes, c'est-à-dire, Brégenz va maintenant recevoir de Wien. Les choses se passent maintenant de la même manière que dans le cas de l'alternat, donc Brégenz recevra par les petits segments 1′ à 5′ de la couronne 2, et l'impression sera effectuée par les segments 1′ à 5′ de la couronne I, reliés au traducteur de Brégenz. Mais comme dans l'alternat, cette transmission ira dans la ligne de Paris, de sorte que Paris reçoit toutes les conversations échangées entre Wien et Brégenz.

Ce n'est pas du tout un inconvénient du système, au contraire. M. Baudot trouve qu'il est utile au point de vue du service que le troisième poste sache quelles réflexions échangent les deux autres. Brégenz pourrait supprimer la communication avec Paris en enlevant du permutateur du bureau la fiche qui l'amène, mais il aurait tort de le faire parce qu'il obligerait Paris ensuite à reprendre le synchronisme qu'il lui enlèverait ainsi en coupant l'émission des courants correcteurs. Si Brégenz transmet à Paris et reçoit de Paris, la partie de gauche de la deuxième couronne se relie à l'armature de RR et la partie de droite (segments 1′ à 5′) au clavier, de même le parleur et le traducteur (couronne I) changent de place. Ajoutons encore que Brégenz transmettannt à Wien, la cadence se donne par le contact marqué * et pour Paris par le segment C entre les deux parties des couronnes 1 et 2.

L'installation complète du poste translateur de Brégenz comprend donc : deux relais récepteurs qui s'in-

tercalent à volonté, dans le cas où l'un d'eux fonctionnerait mal; deux relais transmetteurs pourvus du même dispositif; un relais de contrôle. En outre nous trouvons : un commutateur à douze directions qui permet d'obtenir deux transmissions alternées ou deux transmissions dans le même sens; quatre commutateurs à huit directions, dont deux servent à relier les segments de la couronne I, soit à l'un des deux parleurs, soit à l'unique traducteur. Les deux autres commutateurs mettent à volonté les petits segments de la couronne 2 au massif du relais récepteur ou aux touches du manipulateur.

Dr A. Tobler,

Professeur à l'École polytechnique de Zurich.

CHRONIQUE

Les stations génératrices de Niagara Falls et les glaces.

Il paraît que de mémoire d'homme, on n'a vu le Niagara charrier autant de glaçons que pendant cet hiver. Il en est résulté pour les stations génératrices établies sur la rive américaine et la rive canadienne, des difficultés qui prouvent une fois de plus que si les chutes d'eau sont capables de fournir l'énergie à bon marché, ce n'est pas toujours sans inconvénients.

Les glaçons, en s'amoncelant sur les deux rives, refoulèrent le courant principal vers le milieu du fleuve, provoquant ainsi un abaissement du niveau de l'eau à l'entrée du canal d'amenée de la Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing Company, et par suite une diminution du débit des turbines et de la puissance recueillie. Cette diminution ne tarda pas à s'éxagérer, par suite de l'obstruction de l'entrée du canal par les glaçons et par suite de la congélation de l'eau du canal lui-même dont la section utile se trouvait ainsi diminuée; la quantité d'eau amenée par le canal devint même si faible que les glaces touchaient le fond du canal. Pour permettre aux turbines de fournir la force nécessaire aux usines diverses desservies par la station, il fallait remédier promptement à cet état de choses : les banquises furent détruites à la dynamite et la glace du canal rejetée sur les rives. On arriva ainsi à obtenir, mais tout juste, la puissance indispensable.

Sur la rive canadienne, la Niagara Falls Park and River Railway Company dut à plusieurs reprises cesser tout service. L'eau n'arrivait plus aux turbines, ou quand elle y arrivait, elle était entièrement utilisée par les deux groupes

générateurs installés dans la station par la Canadian Niagara Power Company dont le service ne pouvait être interrompu sans dommages importants.

(*Éclairage électrique*, 25 mars 1899.)

Sur l'obtention de fantômes électriques montrant les lignes de forces d'un champ électrique dans l'air (*).

Note de M. E. BOUDRÉAUX.

On peut à bon droit s'étonner que les lignes de forces d'un champ électrique, dans l'air *atmosphérique*, aient tant tardé à être réalisées : c'est apparemment que les expérimentateurs, frappés des analogies avec les phénomènes magnétiques de même ordre, se sont exclusivement attachés à opérer avec des limailles ou poudres métalliques. Or ces poudres, trop conductrices, sont vivement attirées d'abord, puis repoussées au loin par les conducteurs qui constituent le champ. Il fallait donc s'adresser à des poudres semi-conductrices. C'est ainsi que j'ai pu constater qu'une foule de corps réduits en poudre donnent de bons résultats, à une condition toutefois, c'est que la lame de verre disposée horizontalement, sur laquelle les poudres sont répandues autour des conducteurs, ne *soit pas conductrice* et *soit bien homogène*. Il faut d'ailleurs la chauffer et la soutenir par quatre petits piliers de paraffine. Quant aux conducteurs qui déterminent le champ, ils sont collés sur la face inférieure ou supérieure du verre, et mis en relation par des fils fins avec le ou les pôles d'une machine de Wimshurst, dont les plateaux reçoivent un mouvement de rotation assez lent.

M. Poiret, dans son *Traité de physique*, cite, sans donner le nom de l'auteur, des expériences faites dans un diélectrique autre que l'air, l'essence de térébenthine. M. Godefroy, professeur à l'École normale de la Seine, opère dans le pétrole, où il répand de la poudre de fusain. Il

(*) Travail exécuté au laboratoire de l'École Polytechnique.

obtient ainsi des lignes de forces d'un champ quelconque, dessinées d'une manière remarquable; puis le liquide est siphoné lentement au moyen d'une mèche, et après dessiccation l'épreuve se trouve fixée. C'est la vue de ces épreuves qui m'a suggéré l'idée d'essayer de réaliser *dans l'air* les lignes de forces d'un champ électrique. Il me paraissait d'ailleurs utile de chercher à combler cette lacune regrettable, par un procédé identique à celui qui permet d'obtenir les spectres magnétiques et d'une manière aussi simple.

Il suffit, en effet, les choses étant disposées comme il est dit plus haut, de frapper un léger coup sur le verre; les lignes de forces électriques se dessinent immédiatement. Le corps qui m'a donné les meilleurs résultats est le diamidophénol, *cristallisé en petites aiguilles de deux à trois millimètres de longueur*; mais, à défaut de cette substance, on peut se servir de liège, de sureau, de sucre en poudre, et d'une foule d'autres sustances. On fixe les figures obtenues, en pulvérisant du vernis photographique à la surface du verre.

(*Comptes rendus*, 4 avril 1899.)

Sur la variation de la résistivité électrique des métaux et de leurs alliages due à la torsion.

Note de M. Coloman de Szily.

Toutes les actions physiques et mécaniques, comme le recuit, la trempe, la traction, la torsion, etc., ont une influence sur la résistance électrique des métaux et de leurs alliages. Toutefois, les recherches expérimentales relatives à ces phénomènes sont encore assez incomplètes. Je me suis proposé d'en reprendre l'étude et de rechercher notamment quelle est la variation de la résistance des fils par suite de la torsion.

Comme, d'après les expériences préliminaires, on devait s'attendre à des variations extrêmement faibles, la plus

grande difficulté qu'il fallait vaincre pour arriver à des mesures exactes était l'élimination de l'influence de la température ambiante. Pour y arriver, j'ai choisi, d'une part, un alliage dont la résistance électrique peut être considérée comme constante, pour des petites variations de température du moins : c'est l'alliage connu sous le nom de constantan. D'autre part, j'ai exécuté les mesures dans une pièce souterraine où les fluctuations de la température ambiante ne dépassent guère un dixième de degré centigrade et que l'Institut de physique de l'École polytechnique fédérale, à Zurich, a bien voulu mettre à ma disposition.

Dans mes expériences, je me suis servi de la méthode de Wheatstone, modifiée par Kirchhoff et connue sous le nom de *pont à corde*.

Le fil de constantan à examiner, bien recuit au préalable, fut suspendu à l'intérieur d'un tube de laiton vertical, d'une longueur de $3^{m},50$, et il fut soigneusement tendu par un poids de laiton soudé à son extrémité inférieure. Après chaque torsion, ce poids pouvait être maintenu dans sa nouvelle position au moyen de deux ergots. Tous les points de jonction du système furent établis sans exception par des godets remplis de mercure. Pour la jonction des diverses branches, je me suis servi de fils de cuivre de 3 millimètres de diamètre; par contre, la corde fut constituée par un fil de constantan de $1^{m},50$ de longueur, tendu horizontalement et alimenté par le courant d'une batterie de trois éléments Daniell.

Les résistances auxiliaires furent choisies de manière que l'on pût atteindre, dans le résultat des mesures de résistance, une approximation de 0,000001. Au commencement de chaque expérience, le fil était en équilibre moléculaire au point de vue élastique. Après l'observation de la position du galvanomètre, le fil fut tordu d'une révolution complète, soit d'un angle de 2π, et fixé dans cette nouvelle position. Trois observations de la déviation de l'aiguille du galvanomètre furent alors exécutées et le fil fut de nouveau tordu de 360° et ainsi de suite.

Pour donner une idée de l'ordre de grandeur de la variation de résistance, j'inscris ici les résultats d'une série de mesures.

La résistance initiale du fil de constantan était de $10^{ohms},60020$.

Angle de torsion.	$W_i - W_0$	$W_i - W_{i-1}$	Angle de torsion.	$W_i - W_0$	$W_i - W_{i-1}$
1,2 π	0,00002	0,00002	14,2 π	0,00135	0,00018
2,2 π	0,00004	0,00002	15,2 π	0,00156	0,00021
3,2 π	0,00006	0,00002	16,2 π	0,00178	0,00022
4,2 π	0,00015	0,00009	17,2 π	0,00200	0,00022
5,2 π	0,00024	0,00009	18,2 π	0,00223	0,00023
6,2 π	0,00033	0,00009	19,2 π	0,00247	0,00024
7,2 π	0,00041	0,00008	20,2 π	0,00273	0,00026
8,2 π	0,00050	0,00009	21,2 π	0,00299	0,00026
9,2 π	0,00059	0,00013	22,2 π	0,00324	0,00025
10,2 π	0,00072	0,00013	23,2 π	0,00353	0,00029
11,2 π	0,00085	0,00013	24,2 π	0,00382	0,00029
12,2 π	0,00099	0,00014	25,2 π	0,00412	0,00030
13,2 π	0,00117	0,00018			

Je fais remarquer que la limite d'élasticité, dans ce cas, se trouvait à peu près à 3,2 π.

Les résultats d'un grand nombre de séries de mesures sont suffisamment concordants et montrent que la résistance électrique va en augmentant avec l'angle de torsion, et cela non proportionnellement à l'angle, mais bien plus vite. Si nous déterminons pour chaque cas la limite de l'élasticité, nous trouvons que, jusqu'à cette limite, l'augmentation de la résistance peut être considérée comme proportionnelle à l'angle de torsion.

J'ai examiné en même temps la question suivante qui s'est posée au cours de mes expériences : La résistance électrique du fil tordu reste-t-elle constante ou bien varie-t-elle avec le temps ? J'ai trouvé que la résistance du fil ne reste pas du tout constante après la torsion, mais diminue certainement, quoique extrêmement lentement, avec le temps. De même, j'ai constaté que la résistance électrique du fil ramené par des torsions inverses à sa position initiale va en diminuant avec le temps et même bien plus vite que dans le premier cas ; probablement parce qu'elle peut atteindre plus rapidement son équilibre moléculaire. On sait qu'en faisant subir à un fil une forte torsion et en le laissant ensuite reprendre son état non déformé, la limite d'élasticité du fil se déplace et atteint une valeur plus élevée qu'avant la déformation. En examinant la variation de résistance d'un fil déformé et soumis de nouveau à une série de torsions, j'ai pu constater une concordance remarquable avec le fait ci-dessus, car la

proportionnalité entre la variation de résistance et l'angle de torsion allait plus loin pour le même fil après qu'avant la déformation.

Si j'ajoute que la comparaison des effets sur des fils de divers diamètres m'a démontré que la variation de la résistivité électrique augmente plus rapidement que le diamètre, j'ai fini de résumer les résultats que j'ai pu obtenir pour le constantan.

Il fallait maintenant répéter les mêmes recherches sur d'autres métaux. J'ai fait des expériences avec des fils de maillechort et de nickeline, en me servant des mêmes dispositions que celles décrites ci-dessus, mais il m'a été impossible d'obtenir une exactitude suffisante à cause de l'influence des variations de la température ambiante. Toutefois, autant que j'ai pu le voir, le caractère du phénomène semble être pour ces divers métaux (ainsi, du reste, que pour le cuivre pour lequel j'ai également entrepris des recherches) le même que celui relevé dans le cas du constantan (*).

(*Comptes rendus*, 10 avril 1899.)

Perfectionnements à l'interrupteur électrolytique de Wehnelt.

Note de M. J. Carpentier.

Dans la séance du 27 février 1899, M. d'Arsonval a signalé à l'Académie la belle expérience qu'a récemment exécutée et publiée le Dr Wehnelt, de Charlottenbourg.

Ce savant, se basant sur la forme ondulatoire que prend un courant électrique traversant certains électrolytes liquides, l'eau acidulée en particulier, dans un voltamètre à électrodes très inégales, a eu l'idée d'intercaler un pareil voltamètre dans le circuit primaire d'une bobine d'induction; il a obtenu d'emblée un interrupteur original et doué d'une efficacité extraordinaire.

(*) Ce travail fut commencé au laboratoire de recherches physiques à la Sorbonne, à Paris, et terminé à l'Institut de physique de l'École polytechnique, à Zurich.

Actionné notamment par une source de haut voltage (120 volts environ), l'appareil produit un nombre d'interruptions qui peut atteindre le chiffre de 1500 à 2000 et fait jaillir, entre les extrémités du circuit secondaire de la bobine, un flot d'étincelles tellement drues qu'elles se soudent pour ainsi dire les unes aux autres, dans un arc qui prend l'aspect d'une longue chenille velue et onduleuse.

Dès que l'expérience a été connue en France, elle a été répétée dans tous les laboratoires, et les constructeurs ont cherché à donner au nouvel interrupteur une forme pratique. J'ai moi-même entrepris, dans mon propre laboratoire, des études sur cette question.

Autant l'expérience est facile à réaliser quand on dispose d'une source à haut voltage, autant elle est rebelle, impraticable, quand on cherche à la produire au moyen de quelques éléments de piles ou accumulateurs. C'est cependant à l'aide d'une dizaine d'accumulateurs seulement que je vais actionner la grosse bobine que j'ai fait apporter dans la salle des séances.

Pour tourner la difficulté contre laquelle tout le monde s'est heurté d'abord, j'ai recours à un artifice fondé sur une observation due à mon collaborateur, M. Armagnat. Il a remarqué, en effet, que le voltage nécessaire pour produire le phénomène est lié à la température de l'eau acidulée qui remplit le voltamètre; que plus chaude est cette eau acidulée, plus bas peut être le voltage de la source utilisée.

L'appareil que je présente à l'Académie est donc disposé de manière à fonctionner à chaud. Au moment de faire l'expérience, le liquide qu'il contient est, par un procédé quelconque, porté à 80°, 90° et même 100°; mais ensuite il est inutile de recourir à une source extérieure de chaleur pour entretenir cette température. L'appareil est en effet soigneusement entouré d'une double enveloppe comprenant des corps isolants et ainsi mis à l'abri du refroidissement par rayonnement; la chaleur engendrée d'autre part par le fonctionnement même de l'appareil répare les pertes dues aux autres causes.

Dans les conditions de l'expérience, il y a forcément entraînement de vapeurs acides. Pour éviter l'inconvénient qui pourrait en résulter, l'appareil est clos et le dégagement du gaz se fait dans un flacon laveur contenant un bain alcalin.

Une autre particularité importante du modèle que je soumets à l'Académie est un dispositif qui permet de régler la longueur de la partie active du fil de platine qui constitue l'électrode de petite surface. Ce réglage, qui présente le caractère de la *continuité*, est capital; c'est grâce à lui qu'on arrive, pour ainsi dire, à *accommoder* l'appareil aux conditions dans lesquelles il doit fonctionner, conditions qui dépendent de la bobine à actionner, de la source employée, de la température de l'interrupteur, de l'étincelle à produire, etc. Sans ce réglage, l'expérience, dans bien des cas, échoue.

(*Comptes rendus*, 17 avril 1899.)

Contribution à l'étude de l'interrupteur Wehnelt.

Note de M. H. Armagnat.

L'observation du courant inducteur dans une bobine de Ruhmkorff, faite au moyen du rhéographe Abraham, lorsque les interruptions sont produites par l'interrupteur Wehnelt, montre que le courant primaire n'est pas oscillatoire, c'est-à-dire qu'il ne change pas de sens. Les oscillations apparaissent si l'on met, en dérivation sur l'interrupteur, un condensateur, même de faible capacité. Avec un microfarad, le courant, dans une bobine de 25 centimètres d'étincelle, présente, au moment de la rupture, la même forme qu'avec les interrupteurs ordinaires. Il n'y a donc pas lieu d'invoquer la capacité électrolytique pour expliquer le phénomène, au moins dans ses grandes lignes.

L'explication la plus plausible paraît être la suivante: il existe, au contact de l'anode et de l'électrolyte, une résistance qui augmente assez rapidement avec la température, de telle sorte que l'énergie dépensée à la surface de contact amène l'échauffement rapide de l'anode et du liquide environnant et la vaporisation de celui-ci. Finalement, l'anode ayant atteint une température assez élevée, il se forme une gaine de vapeur de résistance infinie; le courant se trouve rompu.

Le gaz recueilli à l'anode est un mélange d'hydrogène et

d'oxygène; cependant, comme l'anode n'atteint la température du rouge sombre qu'au moment où le phénomène de Wehnelt disparaît, il est difficile d'admettre la dissociation de la vapeur. L'observation au spectroscope montre que les gaz seuls sont incandescents, ce qui explique la couleur rosée que prend l'anode. Cette incandescence est due à *l'étincelle de rupture*, car elle augmente avec la self-induction du circuit; si, pour une intensité déterminée, on règle l'interrupteur de façon à obtenir le phénomène de Wehnelt, avec ou sans self dans le circuit, on constate que, dans le dernier cas, l'incandescence disparaît entièrement.

La résistance au contact est une fonction de l'intensité du courant I, du temps t et de la température θ de l'électrolyte; elle est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse de la surface S de l'anode. Si nous appelons $\frac{f(I, t, \theta)}{S}$ cette résistance, R la résistance constante de tout le reste du circuit, L le coefficient de self du primaire, supposé constant, E la force électromotrice de la source d'électricité employée, l'intensité a pour valeur, à un instant quelconque, en négligeant l'action du secondaire de la bobine,

$$(1) \qquad I = \frac{E - L\frac{dI}{dt}}{\frac{f(I, t, \theta)}{S} + R}.$$

Le courant croît jusqu'au moment où

$$I_1 = \frac{E}{\frac{f(I, t_1, \theta)}{S} + R};$$

à partir de ce moment il décroît et la force électromotrice de self, $L\frac{dI}{dt}$, s'ajoute à E pour prolonger la durée de la rupture, malgré l'énorme augmentation de la résistance produite par la couche de vapeur. C'est au moment de la plus grande variation de I que se produit l'étincelle de rupture.

Le moment où l'intensité décroît est, toutes choses égales d'ailleurs, atteint d'autant plus vite que la force électromotrice E est plus élevée ou que S est plus petit; c'est ce qui

explique que la fréquence augmente avec E et en raison inverse de S.

A la rupture $L\frac{dI}{dt}$ devient beaucoup plus important que E; on peut, comme première approximation, négliger ce dernier terme et l'on a, en appelant M le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits de la bobine, e la force électromotrice induite dans le secondaire, abstraction faite de la réaction de celui-ci

$$e = M\frac{dI}{dt} = \frac{-M}{L} I \left[\frac{f(I, t, \theta)}{S} + R\right] \tag{2}$$

La fonction $f(I, t, \theta)$ n'est pas à calculer, puisque nous ignorons comment se répartit la chaleur dégagée dans l'électrolyte, ainsi que la relation entre la température et la résistance au contact; nous savons seulement que cette résistance augmente beaucoup, puisque, vers 90°, il faut une surface d'anode quatre ou cinq fois plus grande pour obtenir la même intensité qu'à la température ambiante. De l'équation (1) et des courbes obtenues au rhéographe on pourra tirer une valeur approchée de $f(I, t, \theta)$, dans chaque cas particulier.

L'équation (2) montre que la force électromotrice induite dans le secondaire est simplement proportionnelle au coefficient de transformation de la bobine, c'est-à-dire à peu près au rapport des nombres de tours de fil dans les deux circuits. Pour une bobine donnée on augmente e en diminuant le nombre de tours du primaire, c'est-à dire en *diminuant* la self-induction de ce circuit; mais la force électromotrice e ne varie pas si, laissant les nombres de tours invariables, on augmente ou diminue la self en faisant varier la résistance magnétique de la bobine, ce qui agit à la fois sur M et sur L.

Pour expliquer le rétablissement du courant après la rupture, il faut remarquer que la vapeur se dégage en grosses bulles à la surface de l'anode, entraînant avec elle les gaz de l'électrolyse, de telle sorte que le liquide revient facilement au contact de l'anode, dès que celle-ci est refroidie.

(*Comptes rendus*, 17 avril 1899.)

Production du cuivre.

Le tableau suivant montre quelle a été la production du cuivre dans le monde pendant les quatre dernières années :

PAYS	1898	1897	1896	1895
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Algérie.	50	»	»	35
République Argentine. . .	125	200	100	150
Australie.	18.000	17.000	11.000	10.000
Autriche	1.100	1.210	1.075	1.110
Bolivie.	2.050	2.200	2.000	2.250
Canada.	8.040	5.905	4.000	4.000
Chili	24.850	21.900	23.500	22 075
Cap de Bonne-Espérance. .	7.060	7.440	7.450	7.080
Angleterre	550	555	555	580
Allemagne	20.085	20.145	20.065	16.555
Hongrie.	430	445	210	200
Italie.	3.435	3.480	3.400	2.500
Japon.	25.175	23.000	21.000	18.430
Mexique	10.435	11.370	11.150	11.620
Terre-Neuve	2 100	1.800	1 800	1.800
Norvège	3.615	3.450	2.500	2.685
Pérou.	3.040	1.000	740	480
Russie	6.000	6.025	5.100	5.280
Suède	480	545	500	515
Espagne et Portugal. . . .	53.225	54.060	53.325	54.950
Etats-Unis.	234.261	215.460	203.893	172.297
Total.	424.126	397.190	373.363	334.562
	$ 250,08	$ 238,97	$ 229,85	$ 208,40

On remarquera que les accroissements de production les plus forts appartiennent aux États-Unis et à l'Australie, et que plus de la moitié de la production totale revient aux États-Unis.

(*Journal of the Telegraph*, mai 1899.)

BIBLIOGRAPHIE

Une nouvelle publication mensuelle intitulée *Monatsblætter für Post und Telegraphie* paraît depuis le 1er avril dernier à la librairie Friedrich Luckhardt (Berlin et Leipzig); elle a en particulier pour objet l'étude approfondie des questions parfois si importantes de l'exploitation.

Ce périodique est rédigé par M. C. Gattermann, postdirector a. D., Dozent à l'Académie commerciale de Leipzig, avec la collaboration de savants et de spécialistes. Il est annoncé comme devant traiter de la législation et des règlements, de l'histoire et du développement de la poste et du télégraphe dans tous les États civilisés, et devant examiner toutes les questions scientifiques pouvant intéresser les employés de l'exploitation; il traitera aussi de la préparation aux examens spéciaux. En outre, chaque fascicule comprendra une notice bibliographique.

Bien qu'elle s'adresse spécialement aux employés de l'empire allemand, nous signalons à nos lecteurs cette nouvelle publication, qui peut, dans certaines parties, être utile aussi à des Français. Ajoutons que ces *Monatsblætter* donnent, en annexe, des *Französische Fortbildungs-Blætter*, rédigées par M. Paul Blaschke. Ces annexes ou cahiers de perfectionnement dans la langue française, par les thèmes et versions soigneusement et abondamment annotés, qu'ils contiennent, permettent de se mettre très vite au courant du style administratif allemand.

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod.

41.572. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1899 Septembre-Octobre

DE L'EMPLOI DE LA POIX

DANS LES RACCORDS

DES CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

Divers procédés ont été préconisés pour assurer l'étanchéité des raccords des câbles isolés à la gutta. On a successivement utilisé le ruban goudronné, le caoutchouc vulcanisé et le caoutchouc pur, soit pour le guipage des soudures, soit pour recouvrir les extrémités des manchons en plomb. Tous ces moyens, fort coûteux, ne donnaient cependant pas de garanties suffisantes.

Un procédé plus simple et plus économique à la fois donne actuellement complète satisfaction quant à l'étanchéité des manchons de raccords.

Après avoir vainement essayé les mélanges de graisse, d'huiles lourdes, de goudron, de gomme, de cire, etc., j'ai pensé à la poix de Suède, désignée vulgairement sous le nom de poix des cordonniers. Je mêle à cette substance le cinquième de son poids de

suif environ. La quantité de graisse peut d'ailleurs varier légèrement suivant la qualité de la poix elle-même.

Le mélange intime des deux corps est fait au bain-marie, ou au petit feu bien régulier. La composition que l'on obtient ainsi est nerveuse, élastique, et se laisse pétrir comme la gutta. La chaleur des mains suffit à la ramollir pour cette opération. Cette composition conserve d'ailleurs invariablement son état pâteux et élastique, à la température de 12° centigrade, correspondant sensiblement à la température constante des égouts et des tranchées d'une profondeur supérieure à 1 mètre. L'application pratique, comme nous le verrons plus loin, restait subordonnée à cette inaltérabilité de la matière.

La Direction des services électriques de Paris utilise cette substance avec succès depuis plus de trois ans, soit pour assurer l'étanchéité des raccords des câbles sous gutta, soit pour obtenir une jonction efficace entre les câbles sous gutta et les câbles sous papier.

Chacune de ces opérations est simple, rapide, et n'exige pour présenter une garantie absolue qu'un peu de soin et de bonne volonté de la part de l'ouvrier chargé d'effectuer le travail.

Nous allons examiner successivement le procédé d'obturation à la poix, dans chaque cas particulier.

I

Raccord de deux câbles sous gutta, recouverts d'un tube en plomb.

Nous avons dit que toutes les précautions prises

autrefois lorsque l'on employait le ruban de caoutchouc vulcanisé et le ruban goudronné ne pouvaient empêcher l'humidité de pénétrer à la longue dans les câbles par les extrémités des manchons de raccords. L'emploi de la poix a réussi à vaincre toutes ces difficultés et à assurer une étanchéité de longue durée.

On procède à l'obturation comme suit :

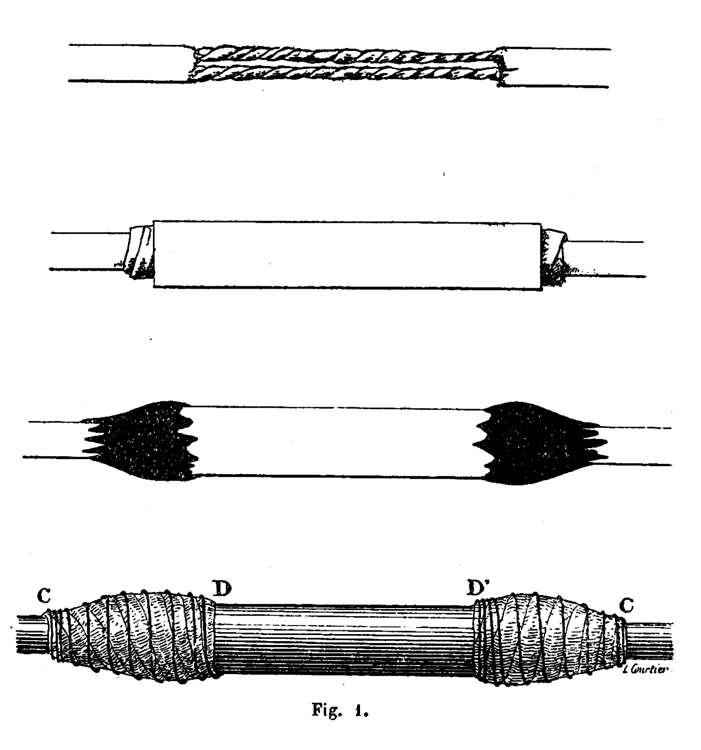


Fig. 1.

« Le vide entre le manchon et le câble étant préalablement comblé avec un peu de filasse ou de cordelette goudronnée, on dispose la poix de manière à affleurer légèrement la surface du manchon et le plomb du câble, suivant les espaces compris entre CD,

C'D' (*fig.* 1). Cette couche est recouverte de ruban goudronné et le tout est assujetti au moyen de quelques tours de fil à ligature que l'on a soin de serrer fortement aux points CD, C'D', de manière à bien maintenir le tampon de poix à la même place.

La substance étanche adhère d'une façon parfaitement intime à tous les corps qu'elle touche; elle conserve d'autre part, ainsi que nous l'avons fait remarquer, son état pâteux et élastique à la température constante des égouts où son application a lieu. On conçoit donc que le déplacement du manchon, posé comme nous venons de le dire, pourra se faire sans aucune difficulté dans le cas de recherches et d'essais électriques, et c'est là un point qui a bien son importance.

II

Raccord d'un câble sous gutta recouvert d'un tube en plomb avec un câble sous papier d'un même nombre de conducteurs.

Dès que la direction des Services électriques de Paris eut commencé à utiliser les câbles sous papier dans son réseau, il devint essentiel de rechercher un procédé de soudure d'une étanchéité absolue, de manière à pouvoir raccorder efficacement ces nouveaux câbles avec les câbles sous gutta, afin de pouvoir tirer parti de l'ancien réseau concurremment avec le développement progressif des câbles sous papier.

Dans la confection d'un semblable raccord, il est facile de remarquer que l'humidité pour envahir le papier peut suivre deux chemins :

D'une part, en traversant l'espace vide qui existe entre le manchon et le plomb des deux sections de câble à raccorder;

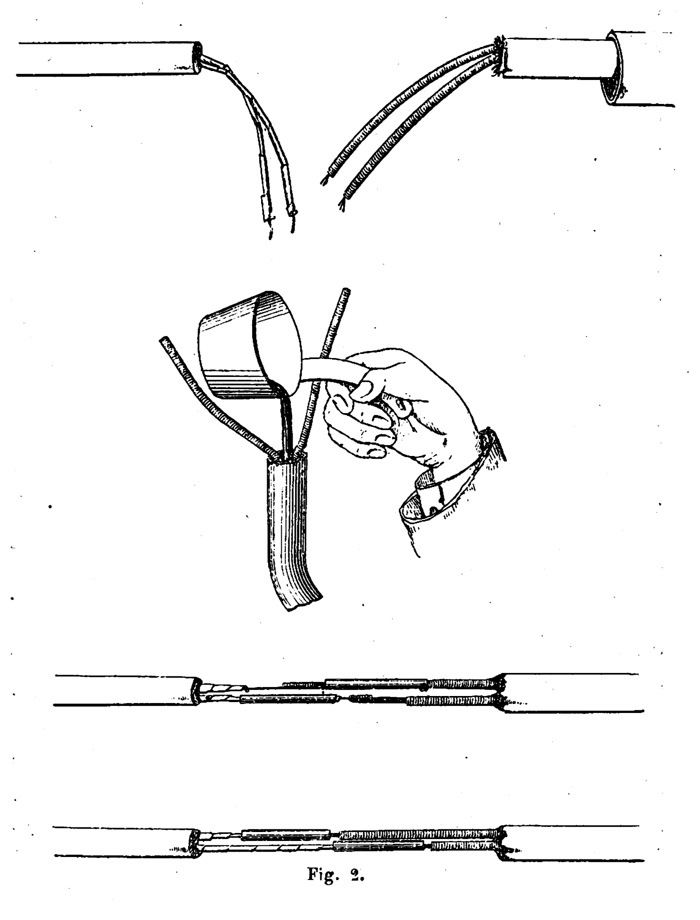


Fig. 2.

D'autre part, en pénétrant dans l'intérieur du câble sous gutta par une fente ou une cassure du plomb. L'humidité qui s'introduit ainsi, suit ensuite le filin par un phénomène de capillarité, et finit par atteindre

progressivement le papier. Il y a donc lieu d'appliquer une obturation extérieure et une obturation intérieure. Nous savons déjà comment on procède à la première de ces deux opérations. La seconde s'effectue comme suit :

Après avoir enlevé le filin, c'est-à-dire le guipage qui recouvre la gutta sur une longueur de $0^{m},10$ environ, et fendu le plomb sur la même longueur, on verse de la poix fondue dans l'intérieur du câble sous gutta. L'incision est faite pour former entonnoir et permettre d'écarter et de manipuler facilement les conducteurs. La composition étanche, ainsi coulée à chaud, recouvre intimement les parois intérieures du plomb, si bien que le métal, les conducteurs ct la poix ne forment qu'un tout, un bloc ; soit une barrière infranchissable à l'humidité (*fig.* 2).

La poix doit être versée à peine tiède. Si elle était versée trop chaude, elle pourrait enlever et chasser partiellement la gutta. En pareil cas, il n'y aura d'ailleurs que substitution de deux corps isolants : aucun danger donc de chauffer la gutta et de créer des pertes ou des mélanges, ce qui avait lieu fréquemment lorsque les obturations s'effectuaient avec la paraffine. En outre, cette dernière substance ne donnait pas des garanties suffisantes comme étanchéité, soit à cause d'une certaine contractilité par le refroidissement, soit parce que le tampon étanche se crevassait et se fendillait lorsque l'on touchait au câble.

III

Raccord d'un câble sous gutta et sous plomb à plusieurs paires de conducteurs avec des câbles sous

gutta et sous plomb ou des câbles sous papier à une paire de conducteurs.

Dans la constitution d'un réseau téléphonique souterrain, les câbles à plusieurs conducteurs sont arrêtés en égout dans un endroit propice pour desservir facilement un petit groupe ou un noyau d'abonnés. Actuellement, en raison de l'extension rapide du réseau, les câbles à nombreux conducteurs arrivent même souvent dans l'intérieur des immeubles possédant plusieurs abonnés; et cette façon d'opérer tend à se généraliser de plus en plus.

Mais, pour éviter de toucher au gros câble, chaque fois qu'il y a lieu de relier un nouvel abonné au réseau, soit d'essayer un circuit en service, la disposition suivante est prise pour séparer et épanouir les diverses lignes, aussi bien que pour protéger l'extrémité du gros câble.

Je prends l'exemple d'un câble à 14 conducteurs ou 7 paires de conducteurs :

Sept baguettes de câble à une paire sous gutta sont entourées à une de leurs extrémités d'une couronne de poix, puis réunies en un faisceau que l'on introduit sous un manchon en plomb dont une extrémité est légèrement évasée à cet effet (*fig.* 3).

Les deux conducteurs de chaque baguette sont respectivement raccordés et soudés dans l'intérieur du manchon avec un circuit du câble à 7 paires sous gutta. Finalement, les deux extrémités du manchon sont obturées extérieurement à la poix suivant le procédé connu.

Les baguettes sont numérotées 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; grâce à cette précaution, il n'est point nécessaire de

Fig. 3.

déplacer le grand manchon, pour essayer une ligne en service, ou pour relier celle d'un nouvel abonné au réseau. Les lignes d'abonnés qui viendront se souder aux baguettes pourront être isolées à la gutta ou au papier.

Le raccord se fera par les procédés indiqués plus haut.

IV

Raccord d'un câble sous gutta transformé avec un autre câble sous gutta et sous plomb, sous gutta transformé ou sous papier.

L'extension rapide des câbles à nombreux conducteurs sous papier (câble à 112 paires) a contribué à rendre une grande quantité de câbles à 7 paires sous gutta disponibles. Pour pouvoir tirer parti de ces vieux conducteurs, M. Barbarat, inspecteur-ingénieur des Télégraphes, les fait dépouiller de leur vieille enveloppe en plomb de $1^{m}/_{m}$,25, souvent détériorée, et les recouvre ensuite d'une nouvelle enveloppe de plomb, semblable à celle des câbles sous papier. Cette enveloppe est plus épaisse pour préserver plus longtemps le plomb des actions corrosives de certains égouts, et d'un diamètre légèrement plus fort pour obtenir du vide entre les conducteurs, et permettre l'envoi de l'air sec pour les dessécher : on peut ainsi utiliser des âmes dont la gutta est fendillée et en mauvais état.

Les vieux câbles sous gutta ainsi modifiés ont reçu le nom de câbles sous gutta transformés.

Dans ce nouvel état, ils servent concurremment

avec les câbles sous papier à la subdivision des gros câbles.

On sait qu'un câble à 112 paires se subdivise en deux groupes de 56 paires au moyen d'une calotte, et, chaque groupe de 56 paires se subdivise à son tour en 8 câbles à 7 paires au moyen d'une tête de raccords à 8 directions (*fig.* 4). Finalement, chaque câble à 7 paires s'épanouit comme il a été dit précédemment en 7 lignes d'abonnés.

Pour pouvoir facilement les dessécher, les câbles sous gutta transformés sont obturés à la poix à l'extrémité qui pénètre dans les têtes de raccords à 8 directions. Les soudures sont effectuées à la gutta et les manchons en plomb sont soudés à l'alliage Darcet. Il y a lieu de faire remarquer que la confection de cette soudure pour éviter de détériorer la gutta exige une certaine habileté, un tour de main que les ouvriers n'atteignent pas tous au même degré de perfection. C'est pour cette raison que ce travail délicat n'est généralement confié qu'à des spécialistes; et, dans certains cas, malgré toutes les précautions, il arrive encore que la gutta se trouve plus ou moins chauffée. Cette détérioration, source de pertes et de mélanges, s'accentue nécessairement le jour où un travail de recherches nécessite de dessouder les manchons. Il est même à craindre que la section qui aura été ainsi soumise deux fois à la chaleur des lampes ne soit à sacrifier et à remplacer.

D'autre part, la confection de 14 soudures en olive et leur guipage sous le manchon de raccords forment un tampon assez serré pour contrarier dans une certaine mesure le libre passage de l'air, qui n'arrive par suite que très faiblement à l'extrémité, surtout lorsque

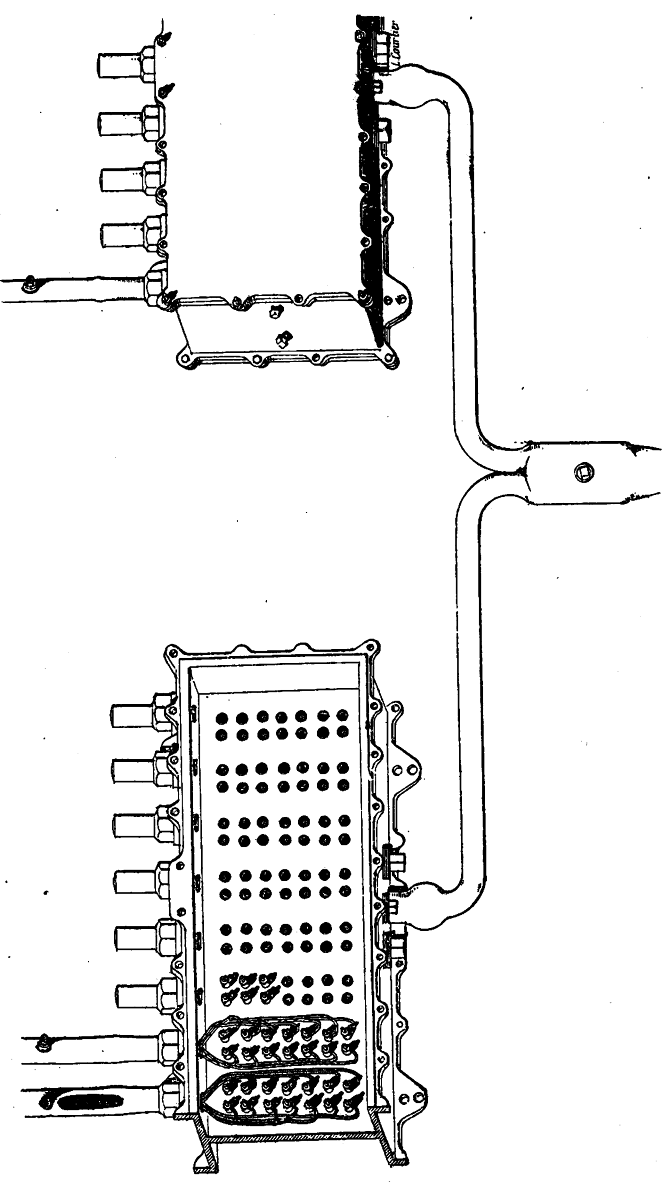


Fig. 4.

les câbles mesurent une longueur supérieure à 1000 mètres.

Il y aurait donc intérêt à chercher un autre procédé de raccordement.

Il semble que la poix pourrait encore être avantageusement employée si l'on s'en rapporte à l'expérience suivante :

Un jour, en présence de la nécessité de donner satisfaction immédiate à des abonnés dont les lignes étaient complètement interrompues, le service des dérangements du réseau de Paris posa deux câbles sous gutta transformés de 1600 mètres environ dans des égouts où les conducteurs sont susceptibles d'être fréquemment immergés, soit par les eaux d'orage, soit par les eaux que les crues de la Seine refoulent dans les égouts riverains du fleuve.

Les raccords furent confectionnés à la hâte de la façon suivante :

Les épissures des cuivres préalablement garnies d'un peu de poix furent recouvertes d'un manchon en papier. Ce dispositif, on le remarque, constitue deux isolants superposés et intimement liés.

Les manchons en plomb furent obturés à la poix suivant le procédé connu. On prit soin seulement de faire rabattre les bords extrêmes de ces manchons sur le plomb du câble, pour empêcher ainsi le tampon étanche d'être chassé par la pression de l'air. Il résulte même de cette façon de procéder, que plus la pression de l'air sera forte, plus l'obturation se trouvera égalisée et refoulée dans un espace restreint qu'elle tendra vainement de franchir (*fig.* 5).

Ces deux câbles sont posés depuis plus de deux ans. Les obturations n'ont pas bougé, l'air arrive très

librement à l'extrémité. De plus, les communications des abonnés établies par ces câbles n'ont jamais été en dérangement depuis la pose des conducteurs. Ces circuits ont d'ailleurs conservé un isolement électrique stable et élevé.

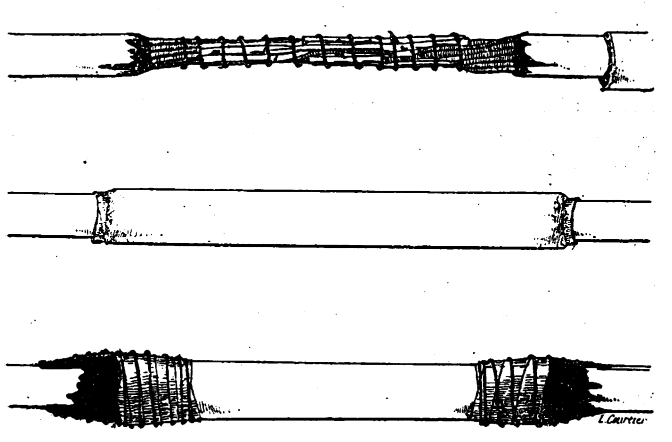


Fig. 5.

V

Raccord d'un câble sous gutta à ruban tanné placé dans une conduite avec un câble en papier.

On s'est demandé s'il était également possible de pouvoir raccorder efficacement des câbles sous gutta et ruban tanné avec du câble sous papier. Cette solution permettrait de réaliser d'importantes économies dans les travaux d'entretien des lignes souterraines en tranchée.

J'estime que l'application de la poix aux raccords de cette nature donnera des résultats aussi satisfai-

sants que ceux que l'on obtient dans les jonctions des câbles sous gutta et sous papier en égout.

La réussite n'est d'ailleurs subordonnée qu'à l'excellente qualité de l'enveloppe de plomb du câble sous papier, qui ne devra présenter ni cassure, ni fente; c'est-à-dire aucune fuite. D'autre part, l'étanchéité absolue des raccords est indispensable.

La première condition sera toujours facile à vérifier avant et après la pose du câble. Quant à la deuxième garantie, elle pourra être réalisée par le procédé suivant :

On réunit les extrémités des câbles sous gutta et les introduit dans un tube de plomb de 30 à 50 centimètres; on a ainsi transformé l'extrémité de ces câbles sous ruban en extrémité d'un câble sous ruban et sous plomb; le raccord se fait alors comme nous l'avons indiqué au § 2.

J. Queinnec.

NOUVEAU SYSTÈME TÉLÉPHONIQUE

POUR DES LIGNES COMMUNES (*)

L'importance économique d'un moyen de communication est d'autant plus grande que les taxes sont plus basses, car plus les prix sont bas, plus il y a de gens qui sont à même de s'en servir. Aucune de nos voies de communications actuelles n'est aussi parfaite que le téléphone, qui annihile l'espace en mettant en communication directe des personnes séparées par de longues distances; donc il importe d'autant plus de faciliter l'emploi du téléphone à toutes les couches sociales en en diminuant les taxes. Le marchand ou l'artisan pouvant recevoir par téléphone des commandes de ses clients a par là un avantage sur ceux de ses concurrents qui ne sont pas en mesure d'offrir cette facilité aux acheteurs.

Puisque, dans beaucoup de pays, on cherche actuellement à soulager les classes peu aisées dans la lutte pour la vie, on peut présumer que des efforts ayant pour but de faciliter aux classes sociales moyennes l'emploi du téléphone trouveront bon accueil.

On reconnaît aisément que le système des taxes fixes adopté dans la plupart des pays, d'après lequel chaque abonné paye la même somme annuelle, sans

(*) *Journal télégraphique international de Berne*, t. XXIII, p. 52.

qu'il soit tenu compte du nombre des conversations, empêche d'atteindre le but proposé, car il en résulte que les abonnés qui font peu usage du téléphone sont relativement plus chargés que ceux qui s'en servent beaucoup, ce qui, au point de vue d'économie sociale, est réprouvable. C'est pourquoi on a, dans quelques pays, introduit des taxes graduées ou des taxes variant d'après le nombre des conversations.

Dans l'un et l'autre cas, il faut compter les conversations de chaque abonné; il y a là un inconvénient notable. S'il faut payer séparément chaque conversation, il s'ensuit que chacun tâche de restreindre autant que possible le nombre des conversations. Ainsi, en Allemagne, où l'on paye une taxe fixe annuelle, chaque abonné a en moyenne dix-huit conversations locales par jour; tandis qu'en Suisse, où l'on paye chaque conversation séparément, chaque abonné n'en a que trois, c'est-à-dire que les installations téléphoniques allemandes servent six fois plus que les installations suisses. C'est pourquoi les systèmes des taxes calculées d'après le nombre des conversations sont irrationnelles, car c'est un principe admis de l'économie sociale de viser à ce que le peuple tire le plus grand profit possible des capitaux investis dans une installation.

Nous allons décrire un nouveau système téléphonique permettant de relier plusieurs abonnés au bureau central par une seule ligne commune; on obtient par ce système une exploitation plus intense de l'installation, et les abonnés reliés à une telle ligne commune payent une taxe réduite.

Une installation pour des lignes téléphoniques communes doit remplir les conditions suivantes :

1. Le bureau doit pouvoir appeler chaque abonné sans que les autres abonnés reliés à la même ligne en soient dérangés.

2. Dès que le bureau central appelle un abonné, aucun des autres abonnés ne doit pouvoir prendre la ligne.

3. Pendant qu'un abonné parle, aucun des autres ne doit pouvoir prendre la ligne, ni troubler, ni entendre la conversation.

4. A l'appareil des abonnés, il faut qu'un signal indique continuellement si la ligne est libre ou occupée.

Le système en question permet de relier jusqu'à cinq abonnés à une ligne commune. Il consiste en un petit appareil central — le relais commutateur — et les appareils téléphoniques des différents abonnés, qui sont reliés au relais commutateur par des lignes locales. Les appareils téléphoniques contiennent, outre les mécanismes ordinaires, un électro-aimant-serrure *e* (*fig.* 1) dont le levier H, quand l'ancre est attirée, empêche le levier *h* du crochet de se mouvoir lorsqu'on enlève le téléphone; l'appareil de l'abonné est alors « verrouillé », c'est-à-dire que le téléphone et le microphone ne peuvent pas être reliés à la ligne. Dès qu'un abonné enlève son téléphone du crochet, et aussi quand le bureau central appelle un des abonnés, un courant électrique

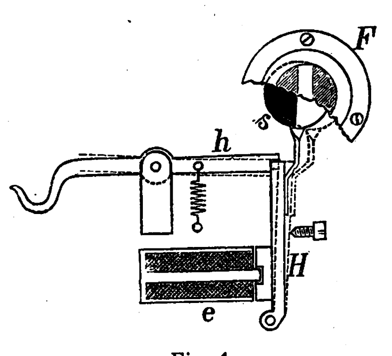


Fig. 1.

traverse instantanément les électro-aimants-serrures des appareils des autres abonnés, de sorte que ces appareils sont verrouillés; ainsi la ligne ne peut être prise par aucun autre, et aucun autre ne peut troubler ni entendre la conversation. Au levier H de l'électro-aimant-serrure est fixée une petite plaque moitié

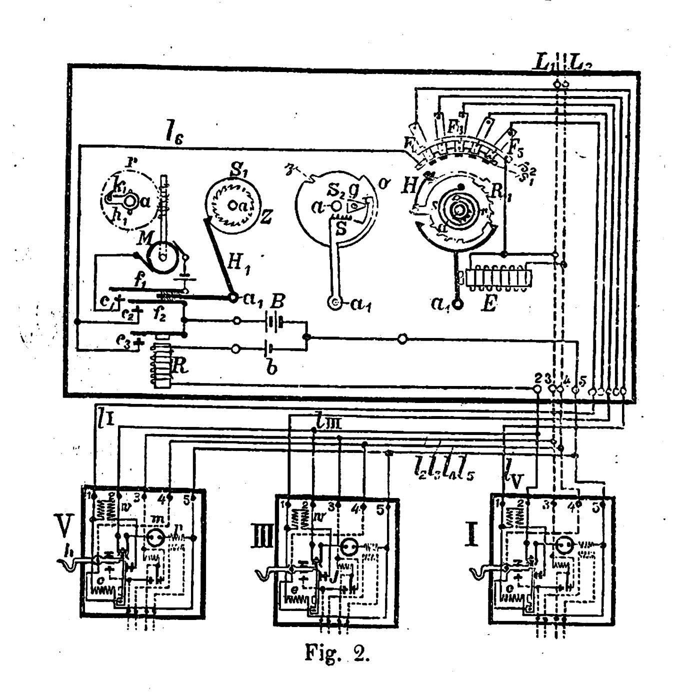


Fig. 2.

blanche, moitié noire, servant de signal, dont la partie blanche est visible derrière la petite fenêtre F pendant que la ligne est occupée; autrement c'est la partie noire qui est visible. On peut donc reconnaître à chaque appareil d'abonné si la ligne est libre ou occupée.

La figure 2 représente schématiquement le système;

les fils dans lesquels passe le courant téléphonique sont représentés par des lignes pointillées.

Le verrouillement se fait de la manière suivante : *b* est la batterie commune pour tous les microphones, dans le circuit de laquelle est intercalé le relais R. Dès qu'un abonné, en enlevant le téléphone du crochet, ferme le circuit microphonique, le relais R, en attirant son ancre, ferme le circuit de la batterie de verrouillement B. Alors un courant passe de B par c_3, fil l_6, barre de contact *s*, et par les cinq ressorts F_1 ...., F_5 aux bornes 1 de tous les appareils des abonnés, passant alors par l'électro-aimant *e*, borne 5, et le fil l_5 revient à la batterie B. Par conséquent les électro-aimants-serrures dans les appareils non employés attirent leur ancre, ce qui amène le verrouillement de tous ces appareils.

Le relais commutateur a pour but de mettre le bureau en état d'appeler à volonté chacun des abonnés. Il contient deux axes *aaaa* et $a_1 a_1 a_1$. Sur l'axe *a* sont fixés la roue dentée *r* et le levier h_1 sur l'extrémité duquel est fixé le déclic k_1, qui s'engrène dans la roue dentée Z. Cette roue et les deux disques S_1 et S_2 sont reliés entre eux et peuvent tourner librement sur l'axe *a*, de même que le râteau R_1 avec le petit segment denté r_1 que le ressort *s* tâche de faire tourner dans le sens de l'aiguille d'horloge. Dans les dents de R_1 s'engrène l'échappement e_1 qui tourne sur l'axe a_1 et sur lequel est fixée l'ancre de l'électro-aimant E. La bobine de cet électro-aimant qui est introduite en pont entre les deux fils du circuit téléphonique L_1 et L_2 a une résistance de 1000 ohms et une grande self-induction, de sorte que les courants téléphoniques ne sont pas affaiblis par l'intercalation de cette bobine. Sur le

râteau R_1 est fixé le marteau rotatoire H, dont la panne porte contre le disque S_2.

Quand le bureau central appelle un abonné, il faut envoyer dans la ligne un à cinq courants brefs. Ces courants agitent l'électro-aimant E, par lequel le râteau R_1 se dégage petit à petit, de façon qu'il tourne avec le marteau H. Après le premier courant, H se trouve vis-à-vis du ressort F_1, après le second, vis-à-vis du ressort F_2 et ainsi de suite. En conséquence de l'engrenage de H dans la coupure z du disque S_2, celui-ci et les disques S_1 et Z suivent le mouvement de R_1.

Le mouvement de S_1 a pour résultat de faire tourner un peu à gauche le levier H_1, ce qui fait que les deux ressorts f_1 et f_2 sont pressés contre leurs contacts respectifs; f_2 ferme le circuit de verrouillement de la batterie B, de sorte que les appareils téléphoniques de tous les abonnés sont immédiatement verrouillés; f_1 ferme le circuit du petit moteur M qui, au moyen d'un engrenage, fait tourner lentement l'axe a qui fait ainsi un tour en deux minutes. Par suite de l'engrenage du déclic k_1 dans la roue dentée Z, celle-ci, de même que les disques S_1 et S_2, est obligée de tourner avec a. Ainsi le disque S_2 tourne le marteau H par dehors, de façon qu'il presse contre le morceau d'ébonite du ressort qui se trouve vis-à-vis de lui, par exemple F_3, et lève celui-ci de la barre de contact s_1 et le presse contre la barre supérieure s_2. De cette manière, le circuit de verrouillement de l'appareil III est rompu, tandis que le sonneur w du même appareil, comme on voit par le dessin, est relié à la ligne L_1 et L_2. L'abonné peut donc être appelé, il peut s'intercaler dans la ligne pendant que les appareils des autres abonnés restent verrouillés.

La possibilité d'appeler l'abonné dure à peu près une minute et demie; après ce temps le disque S_2 s'est tourné assez pour faire tomber le marteau H dans la grande coupure, ce qui fait que le ressort F_3 retourne dans sa position normale, par quoi le sonneur de l'appareil III se dégage de la ligne et l'appareil III se verrouille de nouveau, si l'abonné n'a pas encore enlevé le téléphone du crochet.

A présent il s'agit de ramener le râteau R_1 et le marteau dans la position normale démontrée dans le dessin. C'est ce à quoi sert le segment denté S qui s'engrène dans r_1. Pendant le mouvement de R_1, comme nous venons de le dire, S s'est tourné à gauche. Quand S_2 s'est tourné assez loin, le petit morceau qui est fixé sur S_2 presse contre la cheville *o* du segment S, forçant celui-ci de se tourner à droite, par quoi R_1 est ramené dans la position démontrée dans le dessin. En ce moment le marteau H entre dans la petite coupure *z*, et le levier H_1 entre dans la coupure du disque S_1, ce qui a pour effet de rompre les deux circuits du moteur et de la batterie de verrouillement B; donc l'appareil s'arrête, tandis que les appareils téléphoniques des abonnés sont tous déverrouillés, si l'abonné appelé ne s'est pas intercalé dans la ligne. Si ceci est le cas, le circuit de verrouillement reste fermé par le contact e_3 jusqu'à la fin de la conversation.

Le sonneur *w* est dégagé de la ligne au moment où l'abonné appelé enlève son téléphone du crochet. A cette fin le levier *h* (*fig.* 1) est muni d'un petit ressort non démontré dans le dessin et qui, lorsqu'on enlève le téléphone du crochet, vient porter le levier H de façon à éloigner celui-ci de son contact de repos, par

quoi le circuit du sonneur w est interrompu, comme on peut voir dans la figure 2.

Quand un abonné s'est intercalé dans la ligne, son téléphone est en parallèle avec la bobine de l'électro-aimant R. Si à présent l'abonné désire parler à un autre abonné sur la même ligne, le courant que le bureau central doit envoyer pour agiter E passera en partie par le téléphone de l'abonné qui a appelé. Pour éviter cet affaiblissement du courant, l'appareil de l'abonné est muni d'un bouton qui aboutit dans un contact ; celui-ci est relié au levier du crochet au moyen d'une résistance de 2000 ohms. En pressant ce bouton, l'abonné peut intercaler la résistance de 2000 ohms entre le levier du crochet et le contact inférieur, de façon que la résistance de 2000 ohms soit intercalée en série avec le téléphone.

Par la précédente description du système, on reconnaît que le bureau central est en état d'appeler à volonté chaque abonné sans que les autres en soient dérangés, et qu'il est impossible à un abonné de s'introduire dans la ligne aussi longtemps que celle-ci est occupée. Pour éviter qu'une conversation soit troublée parce qu'un des autres abonnés envoie des courants d'appel, les inducteurs d'appel J (*fig.* 2) sont intercalés de façon qu'on puisse envoyer des courants d'appel seulement après avoir enlevé le téléphone du crochet. On voit donc que ce système correspond à toutes les conditions mentionnées ci-dessus.

La photographie (*fig.* 3) représente le relais commutateur. A gauche, on voit le commutateur, dans le milieu, le moteur; et à droite le relais. Les connexions entre cet appareil et les trois batteries et les appareils téléphoniques des abonnés se font au moyen de

contacts à plusieurs pointes, de façon qu'on puisse facilement changer l'appareil, en cas qu'il doive être réparé ou nettoyé. La construction du commutateur a été récemment un peu modifiée; la figure 4 montre la nouvelle construction au tiers de la grandeur naturelle. En comparant cette figure avec la figure 2, on se rend clairement compte du mécanisme qui est assez simple et solide.

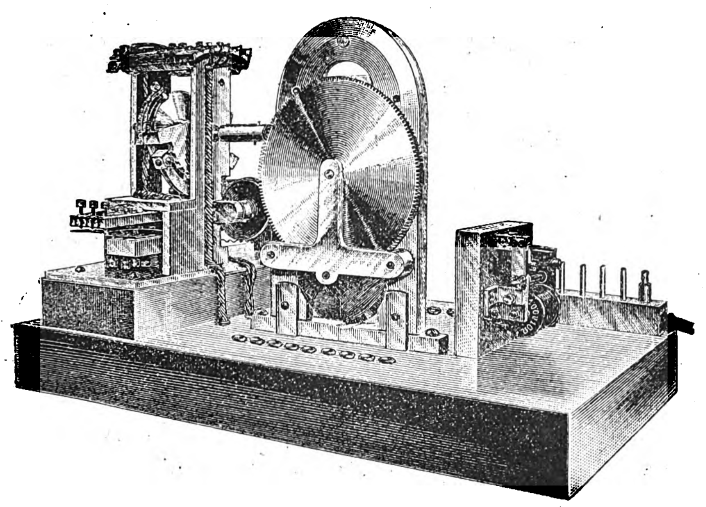


Fig. 3.

Comme on le voit par la figure 2, le relais commutateur est relié aux appareils des abonnés par quatre fils communs $l_2 l_3 l_4 l_5$ se bifurquant en parallèles et, en outre, à chacun des appareils téléphoniques des abonnés par un fil individuel. Pourtant il est possible d'amener une simplification qui varie selon que la ligne est simple ou double.

Lorsque les lignes n'ont qu'un fil simple, on n'a pas besoin du fil l_4; il faut seulement mettre à terre les

bornes 4. Si les lignes sont de fils doubles, on n'a pas besoin du fil l_5, il n'y a qu'à relier chacune des bornes 5 aux bornes 4 voisines. Ainsi, dans les deux cas, on n'a besoin que de trois fils communs et d'un fil individuel pour chaque abonné.

La figure 2 démontre que le circuit des courants téléphoniques *ne contient pas d'autre contact* que ce-

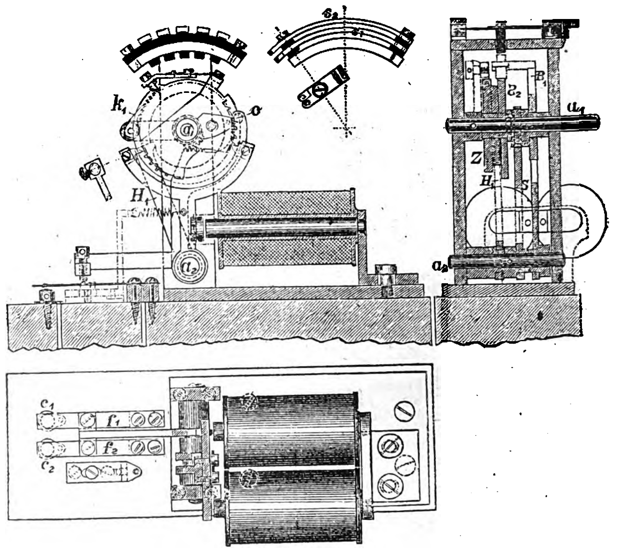


Fig. 4.

lui ordinaire du crochet. Ceci est un avantage appréciable de ce système sur les systèmes analogues qui très souvent n'ont pas rendu les services qu'on en attendait, parce qu'ils contenaient un grand nombre de contacts dans le circuit téléphonique où il se produisait souvent des dérangements. Dans ce système, tous les contacts dans les circuits locaux se font sous une pression considérable, de sorte qu'on n'a pas à craindre

de dérangement de contacts. Pour une ligne avec cinq appareils d'abonnés, il n'y a que sept contacts locaux.

Le relais commutateur peut être installé chez un des abonnés ou dans un endroit quelconque de la maison dans laquelle se trouvent les quatre ou cinq abonnés. Les trois batteries nécessaires pour l'installation sont disposées à côté du relais commutateur. Afin que les employés du téléphone puissent facilement inspecter la batterie et le relais commutateur, il serait bon de les installer chez le portier. On a besoin d'un accumulateur pour le moteur, d'un autre pour le circuit microphonique et de trois accumulateurs pour le circuit de verrouillement. Il faut entourer d'une caisse fermée le relais commutateur, afin que les personnes sans autorisation ne puissent pas le déranger.

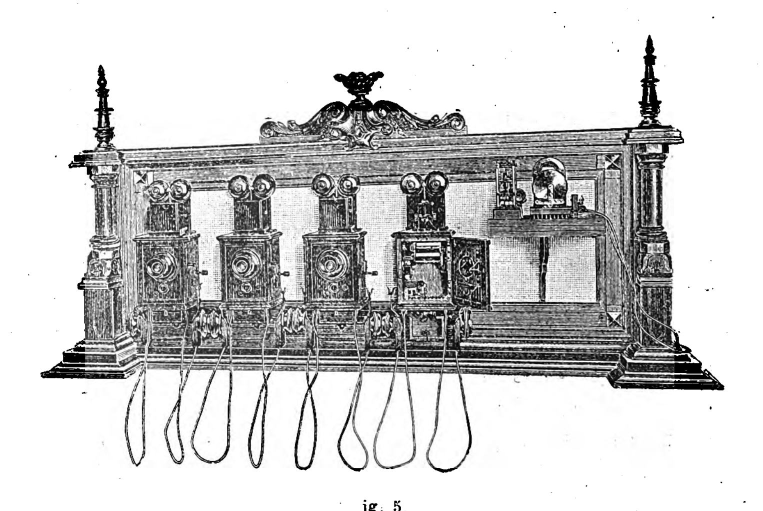
Les lignes téléphoniques $L_1 L_2$ (*fig.* 2) qui viennent du bureau central peuvent être reliées à l'installation à un endroit quelconque, soit au relais commutateur, comme dans la figure 2, soit à un des appareils téléphoniques des abonnés.

Le relais R qui est intercalé dans le circuit microphonique a une résistance de 4 ohms; pour éviter l'influence nuisible qu'aurait cette résistance et la self-induction sur le courant microphonique, il faut intercaler en parallèle avec R une résistance sans self-induction de 4 ohms, de sorte que la résistance totale soit de 2 ohms.

Les courants d'appel passent en partie par l'électro-aimant E, mais leur effet est nul, car l'ancre de E est trop inerte pour pouvoir suivre les changements rapides des courants d'appel.

Souvent il n'est pas nécessaire de munir d'un sonneur tous les appareils des abonnés; il suffit, dans ce cas, de relier la borne 1 de tous les appareils sans sonneur à la barre s_1 ou au contact c_3 au moyen d'un fil commun, tandis que les autres bornes 2, 3, 4, 5 sont reliées de la manière ordinaire.

L'introduction de ce système n'implique pas de changement des installations actuellement en usage



ig. 5.

dans les bureaux centraux. Après que l'employé du bureau a introduit la fiche dans le jack, il suffit de presser une, deux à cinq fois la clef d'appel qui doit être reliée à une source de courant direct.

Dans la photographie (fig. 5) on voit le relais commutateur et quatre appareils d'abonnés disposés l'un à côté de l'autre. Les appareils des abonnés ne diffèrent des appareils usuels que dans les connexions intérieures et par l'intercalation de l'électro-aimant-

serrure. Pour le nouveau système il est donc possible de modifier, en cas de besoin, à peu de frais, les appareils en usage.

Pour terminer, nous ajouterons quelques remarques sur les principes économiques du système.

L'installation entière d'un abonné, qui consiste en un seul fil de longueur intermédiaire, coûte en moyenne environ 600 francs. Sur cette somme, l'appareil d'abonné revient à peu près à 1/5, la ligne aux 2/5 et l'installation du bureau central, l'édifice, etc., aux 2/5. Le principe économique du système est donc celui-ci : les 4/5 des frais primitifs d'un abonné servent en commun à plusieurs abonnés.

Les frais pour une installation ordinaire d'un abonné sont augmentés par les frais du relais commutateur et des appareils des autres abonnés; l'installation pour trois abonnés coûte à peu près 1000 francs; pour quatre, environ 1100 francs, et pour cinq, environ 1200 francs.

Ainsi, d'après ce système, on ne dépensera pas davantage pour relier cinq abonnés au bureau central qu'on n'a dépensé jusqu'aujourd'hui pour n'en relier que deux.

Il en résulte que pour de tels abonnés les taxes annuelles peuvent être réduites aux 2/5 environ des taxes actuelles, sans que les revenus apportés par les installations téléphoniques en soient diminués. Une telle réduction permettra l'usage du téléphone à un grand nombre de personnes qui en sont actuellement privées à cause des taxes trop élevées.

Il sera peut-être utile d'illustrer par un cas spécial le rendement économique du système. Dans le Reichspost Gebiet allemand, les taxes téléphoniques annuelles

sont de 150 marcs (*) pour une ligne avec un appareil d'abonné, et en outre de 50 marcs pour chaque appareil d'abonné en plus.

La table suivante expose le calcul économique complet pour une ligne ordinaire d'un abonné, et pour la même ligne disposée d'après le système décrit, avec deux, trois, quatre et cinq abonnés.

UNE LIGNE AVEC	UN ABONNÉ	DEUX ABONNÉS	TROIS ABONNÉS	QUATRE ABONNÉS	CINQ ABONNÉS
Frais d'installation :	marcs	marcs	marcs	marcs	marcs
Ligne et bureau central	410,50	410,50	410,50	410,50	410,50
Appareils d'abonnés et montage. .	74,00	158,00	237,00	316,00	395,00
Relais commutateur.	»	80,00	80,00	80,00	80,00
Accumulateur	(4,50)	45,00	45,00	45,00	45,00
Fils locaux chez les abonnés. . . .	»	16,00	24,00	32,00	40,00
Total.	489,00	709,50	796,50	883,50	970,50
Frais annuels :					
a) Amortissement :					
Ligne et bureau central, 7 0/0.	28,70	28,70	28,70	28,70	28,70
Appareils d'abonnés, 7 0/0. . .	4,90	10,50	15,75	21,00	26,25
Relais commutateur, 10 0/0. .	»	8,00	8,00	8,00	8,00
Accumulateur, 10 0/0.	»	4,50	4,50	4,50	4,50
b) Exploitation et entretien :					
Ligne et bur. central (entretien).	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Service du bureau central. . .	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00
Frais d'administration, etc. . .	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Appareils d'abonnés (entretien).	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00
Relais commutateur (entretien).	»	5,00	5,00	5,00	5,00
Chargement des accumulateurs quatre fois par an.	(3,00)	6,00	6,00	5,00	6,00
Total.	125,60	160,70	174,95	189,20	203,45
Recettes d'une ligne.	150,00	200,00	250,00	300,00	350,00
Charges en moyenne par abonné.	150,00	100,00	83,33	75,00	70,00
Bénéfice net annuel d'une ligne. .	24,40	39,30	75,05	110,80	146,55
Bénéfice net pour cent des frais d'installation.	5,8	5,6	9,4	12,5	16,8

Par cette table on voit qu'on aura différentes taxes

(*) Le marc vaut approximativement $1^{f},25$.

selon le nombre des abonnés reliés à une ligne commune. Ce nombre variera d'après le nombre des conversations de chaque abonné. Un abonné qui parle beaucoup sera naturellement obligé d'avoir une ligne à sa seule disposition. En conséquence, on arrive par ce système à ce que les abonnés qui font beaucoup usage du téléphone payent plus que ceux qui s'en servent moins.

La réduction considérable de taxes qu'on obtient par ce système a pour les abonnés le seul désavantage que parfois il leur arrive de devoir retarder de quelques minutes une conversation si la ligne est justement occupée. Les chiffres suivants prouvent que cet inconvénient ne se répétera pas souvent. En France, par exemple, chaque abonné parle en moyenne douze fois par jour; chaque conversation dure en moyenne deux minutes et demie. Si l'on relie au bureau central, au moyen d'une ligne commune, cinq abonnés qui parlent en moyenne douze fois par jour, les quatre abonnés font usage de la ligne $4 \times 12 \times 2,5 = 120$ minutes par jour; donc le cinquième abonné n'a pas la ligne à sa disposition pendant 24 heures, mais pendant 22 heures quotidiennement, et si le service ne dure que de 7 heures du matin à 10 heures du soir, au lieu d'avoir la ligne à sa disposition 15 heures par jour, il ne l'a que 13 heures.

On voit donc clairement les avantages de ce système. On peut fixer les taxes de façon qu'un abonné qui ne parle pas beaucoup paye moins que la moitié de ce qu'il faut payer aujourd'hui. Le profit que le gouvernement tire des installations téléphoniques sera donc augmenté, ce qui en ce moment est d'une grande importance, car il devient urgent de remplacer les fils

simples par des fils doubles. Le nombre de conversations ne sera pas inutilement restreint, comme c'est le cas lorsqu'il faut payer chaque conversation séparément. Conséquemment, on peut espérer que ce système, qui a donné de bons résultats jusqu'à présent, sera adopté par les administrations téléphoniques.

JUL.-H. WEST,
Ingénieur.

LÉGISLATION SUISSE

SUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

A FAIBLE OU A FORT COURANT

MESSAGE DU CONSEIL FÉDÉRAL
A L'ASSEMBLÉE FÉDÉRALE
SUR UNE LOI FÉDÉRALE A ÉDICTER
CONCERNANT LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
A FAIBLE ET A FORT COURANT.

(Du 5 juin 1899.)

Monsieur le président et Messieurs,

Le 4 avril 1895, l'Assemblée fédérale a pris la décision suivante au sujet de la pétition de la Société Frei-Land demandant le monopole des forces hydrauliques.

« 1. Il n'y a pas lieu de donner suite à la pétition envoyée au mois d'avril 1891 par la Société *Frei-Land* dans le but de créer le monopole des forces hydrauliques.

« 2. Il est pris acte du surplus du rapport du Conseil fédéral.

« Cette autorité est invitée à soumettre à l'Assemblée fédérale, dès que cela lui sera possible, les propositions qu'elle a indiquées sur les points suivants :

a. Règlement des relations intercantonales en matière d'installations de forces hydrauliques ;

b. Prescriptions générales sur l'établissement, l'exploitation et la surveillance des lignes de transport de la force électrique ;

c. Études des conditions hydrauliques de la Suisse, comme base pour déterminer les forces hydrauliques encore utilisables.

« 3. Le Conseil fédéral est invité à s'entendre avec les cantons, comme il le jugera à propos, pour les engager à édicter, par la voie législative, des prescriptions uniformes sur le régime des eaux, notamment en ce qui concerne l'expropriation, la durée des concessions, les droits de retrait et de préférence à attribuer à l'État et aux communes, et l'établissement, d'après un modèle uniforme, d'un cadastre des droits sur les cours d'eau. »

Cette décision avait été prise en suite de notre rapport du 4 juin 1894; nous référant au rapport de M. Jegher, à Zurich, sur les forces hydrauliques de la Suisse, nous exprimions l'avis suivant : laisser aux gouvernements cantonaux le soin de compléter le code du régime des eaux, en leur recommandant les principes indiqués dans notre rapport; régler par la voie de la législation fédérale les rapports intercantonaux dans ce domaine, ainsi que les conditions pour l'établissement et l'exploitation des courants électriques à forte tension, et attendre le moment propice pour présenter nos propositions concernant la statistique des forces hydrauliques.

Après un examen approfondi de la question, l'Assemblée fédérale s'était rangée à cette manière de voir, et avait notamment insisté pour que le règlement

du régime des eaux demeurât l'affaire des cantons et que la Confédération n'eût le droit d'intervenir que si des contestations venaient à s'élever entre eux.

Absorbés par d'autres affaires urgentes, il ne nous a pas été possible jusqu'ici de répondre à l'invitation de l'Assemblée fédérale. Cependant l'industrie électrique s'est considérablement développée et, par suite, la nécessité pour la Confédération de prendre des dispositions légales, au moins à cet égard, s'est imposée davantage. C'est surtout lorsque l'incendie de la station centrale des téléphones à Zurich eut fait voir le danger des conduites à fort courant et de leur rencontre avec les conduites à faible courant, que l'on réclama l'intervention de la Confédération. Le contrôle privé et non obligatoire des conduites à fort courant, institué par l'association suisse des électriciens, quoique très utile, est bien loin aujourd'hui de pouvoir suffire.

Le Département fédéral des Postes et des Chemins de fer a donc jugé à propos de soumettre à une commission d'experts les questions relatives aux conduites à fort courant et aux dangers qui en résultent. Ont été nommés dans cette commission : MM. Bächtold, inspecteur des télégraphes du chemin de fer du Gothard à Lucerne; D[r] Blattner, professeur au technicum de Berthoud; Chavannes, directeur de l'usine électrique de Neuchâtel; D[r] Denzler, privat-docent à Zurich; Eckinger, représentant de la maison Alioth à Mönchenstein; Filliol, ingénieur à Genève; Frei, inspecteur des télégraphes du chemin de fer du Central à Olten; Guinand, professeur au technicum de Bienne; D[r] Hagenbach-Bischoff, professeur à l'Université de Bâle; Huber, directeur de la fabrique de machines d'Oer-

likon; Dr Koepsel, directeur de l'usine électrique Wynau à Langenthal; Dr Meili, professeur à l'Université de Zurich; Palaz, professeur à Lausanne; Dr Reding, chef de l'atelier des réparations à la direction des télégraphes; Rochat, ingénieur du contrôle du Département des Chemins de fer; Dr Sulzberger, représentant de la maison Brown, Boveri et Cie à Baden; Thury, ingénieur en chef de la Cie de l'industrie électrique à Genève; Tschiemer, directeur de la section technique du Département des Chemins de fer; Vanoni, chef de la section technique de la direction des télégraphes; Wagner, ingénieur des usines électriques de la ville de Zurich; Dr Weber, professeur à l'École polytechnique à Zurich; Weissenbach, directeur de la section administrative du Département des Chemins de fer, et Wyssling, professeur, directeur de l'usine électrique sur la Sihl à Wädensweil.

Cette commission s'est réunie le 23 mai 1897 sous la présidence du chef du Département des Postes et des Chemins de fer; elle s'est divisée en plusieurs sous-commissions pour examiner les questions suivantes :

I.

STATISTIQUE DES CONDUITES ÉLECTRIQUES SUR LE TERRITOIRE SUISSE.

a. Conduites à faible courant.

1. Télégraphe. (Longueur des lignes et des fils, aériens et souterrains. Tensions les plus usuelles. Nombre des stations télégraphiques. Nombre des appa-

reils en exploitation. Nombre des employés pour l'exploitation et pour l'entretien. Nombre de dépêches par année. Construction des conduites. Capital d'établissement.)

2. Téléphone. (Longueur des lignes et fils, aériens et souterrains, urbains et interurbains. Nombre des stations centrales. Nombre des abonnés et appareils, Nombre des employés pour l'exploitation et pour l'entretien. Conversations par année. Construction des conduites. Capital d'établissement.)

b. Installations à fort courant.

Nombre des installations. (Pour chaque installation : Système. Puissance totale. Puissance actuelle. Installation des lignes. Longueur des fils. Haute et basse tension, aérien ou souterrain. Territoire desservi. Nombre des employés. Nombre des abonnés. Tension d'exploitation. Construction des conduites. Capital d'établissement).

II.

Définition des notions : courant fort et courant faible, haute et basse tension.

Dans quelles conditions un courant électrique présente-t-il des dangers pour les personnes et pour les choses?

III.

D'après les expériences faites jusqu'ici, et d'après les possibilités, quelles causes de perturbation ou de dangers pour les personnes et pour les choses consti-

tuent les installations à fort et à faible courant quand on les considère aussi bien isolément que dans leur action commune ou réciproque?

IV.

Quelles mesures pratiques sont de nature à prévenir les perturbations et dangers mentionnés sous chiffre III?

V.

Institution d'un contrôle de l'installation et de l'entretien des conduites (public, privé ou mixte; le contrôle doit-il s'étendre aux installations mécaniques dans les stations génératrices?).

VI.

Responsabilité en cas d'accident.

VII.

Concession du droit d'expropriation pour l'installation de conduites électriques.

Lorsque les sous-commissions eurent présenté leurs rapports, la direction des télégraphes a été invitée à donner son avis; en outre, le projet d'une loi fédérale concernant les installations électriques à faible et à fort courant, ainsi que les projets de prescriptions générales pour les installations électriques et de prescriptions pour l'établissement des conduites de chemins de fer et de tramways électriques, ont été

soumis à une nouvelle délibération de la commission tout entière.

Le résultat de toutes ces recherches a été le projet de *loi fédérale concernant les installations électriques à faible et à fort courant* que nous soumettons avec le présent message à votre examen.

I. Dispositions générales.

Dans sa partie générale, ce projet pose le principe que l'établissement et l'exploitation des installations électriques sont soumis à la haute surveillance de la Confédération et que les prescriptions y relatives édictées par le Conseil fédéral font règle (art. 1). Comme l'Assemblée fédérale a déjà établi ce principe par sa décision du 4 avril 1895, nous croyons pouvoir renoncer ici à le justifier à nouveau. La compétence de la Confédération pour édicter des prescriptions légales à cet égard est aujourd'hui moins douteuse que jamais, après que la revision constitutionnelle du 13 novembre 1898 a attribué à la Confédération toute la législation sur le droit civil et le droit pénal.

En ce qui concerne les dangers que présentent les installations électriques, il y a une différence essentielle entre les installations à fort courant et celles à faible courant, ces dernières n'étant pas dangereuses par elles-mêmes et ne le devenant que par leur rencontre avec les premières ; aussi a-t-il fallu édicter des prescriptions différentes pour ces deux sortes d'installations. Il suit de là que la loi doit contenir une définition des *installations à faible courant ainsi que des installations à fort courant*. Suivant les techniciens, il faut considérer comme installations à faible courant

celles qui ne présentent pas des courants dangereux pour les personnes ou les choses, et comme installations à fort courant, celles qui, dans certaines conditions, peuvent présenter des dangers pour les personnes ou pour les choses. Parmi les installations à faible courant, il faut ranger notamment les conduites télégraphiques et téléphoniques et les signaux électriques; parmi les installations à fort courant, les installations pour l'éclairage, les transports de force, et autres installations analogues. Lorsqu'il y a des doutes sur la manière de classer une installation, c'est le Conseil fédéral qui décide (art. 2).

Pour des raisons pratiques on distingue, dans les installations à fort courant, les installations à haute et à basse tension. Au sujet de la limite qui les sépare, les opinions diffèrent. Il y a deux ans, la société suisse des électriciens a cru devoir fixer la limite entre les deux tensions à 750 volts pour le courant continu et à 500 volts effectifs pour le courant alternatif. D'autre part, l'association des électriciens allemands a, il y a un an, fixé cette limite à 1000 volts pour le courant continu et à 1000 volts effectifs pour le courant alternatif. Cette élévation graduelle de la limite entre la haute et la basse tension vient de ce que l'électrotechnique à fort courant a été de plus en plus forcée d'élever la tension d'exploitation de ses installations pour rendre son exploitation plus économique et plus pratique.

Sur la question de savoir où il fallait placer la limite entre la haute et la basse tension, la sous-commission technique a été d'accord de la fixer provisoirement à 1000 volts pour le courant continu et à 1000 volts effectifs pour le courant alternatif. Comme

cette décision, toutefois, ne peut être tenue pour définitive, et qu'il faut garder de la marge pour le développement ultérieur de l'électricité, il ne semble pas à propos d'insérer dans la loi les règles y relatives, mais plutôt dans les prescriptions techniques que doit édicter le Conseil fédéral. (Art. 14.)

A ce propos, il fallait résoudre aussi la question de savoir dans quelles conditions un courant électrique présente des dangers pour les personnes. Un courant continu de 300 volts et un courant alternatif de 100 volts effectifs doivent être déjà, d'après les experts, considérés comme dangereux dans certaines circonstances d'ailleurs assez rares (lors d'un contact intime bi-polaire). Les tensions de 750 volts courant continu, et de 750 volts effectifs, courant alternatif, doivent être regardées comme assez dangereuses; le danger qu'elles présentent n'est moindre que dans des conditions spéciales, ainsi lorsque le lieu où l'on se trouve est sec, ainsi que la chaussure ou la peau des personnes touchées ou encore, lorsque le contact n'a été que passager, etc. En conséquence, on ne peut admettre que la basse tension telle qu'elle est définie soit toujours sans danger et que, seule, la haute tension définie dans la loi soit dangereuse. Les expériences et les essais faits dernièrement n'ont permis de constater avec certitude aucune différence essentielle entre les effets physiologiques d'une tension de 1000 volts courant continu, et ceux d'une même tension, courant alternatif.

Il n'y a aucun moyen de supprimer les dangers de ces tensions dans n'importe quelles circonstances. Par conséquent, dans toutes les exploitations qui emploient des tensions dangereuses on doit afficher des placards

qui en quelques mots clairs et frappants mettent en garde contre les dangers. Quant aux tensions admissibles pour les différents cas, il vaut mieux ne pas les inscrire dans la loi, mais dans les prescriptions techniques.

Jusqu'à présent il n'existe pas en Suisse de prescriptions obligatoires concernant les *unités de mesures électriques* et la définition des dénominations adoptées, telles que ohm, ampère, volt, watt, watt-heure, etc. Il faut combler cette lacune et adopter les définitions données par le congrès électrique international de Chicago en 1893, qui sont admises dans tous les États de l'Europe. La commission des experts a estimé que cette question devait être réglée par une loi spéciale; il faudrait créer aussi un établissement d'étalonnage pour les mesures électriques, qu'on pourrait rattacher à l'école polytechnique fédérale.

II. Installations électriques a faible courant.

Les installations à faible courant n'étant pas dangereuses par elles-mêmes, la loi n'a à s'en occuper qu'autant qu'elles empruntent le domaine public ou celui des compagnies de chemins de fer ou si, par suite de la proximité d'installations électriques à fort courant elles peuvent causer des perturbations d'exploitation ou présenter des dangers (art. 3).

Les installations à faible courant les plus importantes sont les installations télégraphiques et téléphoniques, dont la Confédération a le monopole. Pour ces dernières il existe déjà des prescriptions légales dans la loi fédérale concernant l'établissement des lignes télégraphiques et téléphoniques, du 26 juin

1889. Mais il importe qu'il y ait une loi uniforme pour toutes les conduites électriques. Les dispositions de la loi susmentionnée ont donc passé dans le présent projet, sous réserve des modifications nécessaires que nous justifierons plus tard en détail.

Une disposition importante est celle de l'article 3, 2me alinéa, suivant lequel les lignes téléphoniques ne peuvent utiliser la terre comme conducteur quand elles peuvent entrer en contact avec les installations à fort courant. Leur *isolement complet par rapport à la terre* exige dans ce cas, que la plupart des lignes téléphoniques soient peu à peu munies de fils de retour, en d'autres termes, que l'on établisse des lignes doubles. Voici comment les experts motivent cette exigence :

« Les perturbations que les installations à faible courant se causent réciproquement sont causées par dérivation du courant et par induction. On peut prévenir les perturbations de la première espèce en isolant soigneusement les installations à faible courant et les appareils, notamment les distributeurs des lignes et les commutateurs. L'isolement des installations à faible courant doit donc être vérifié non seulement quand on les établit, mais durant l'exploitation, périodiquement. L'induction des lignes télégraphiques sur les lignes téléphoniques produit surtout de grandes perturbations quand ces lignes sont fixées sur les mêmes poteaux. Les influences perturbatrices des lignes de signaux sur les lignes téléphoniques ont été jusqu'ici peu considérables, les premières n'étant exploitées que durant un temps très court.

« Les lignes télégraphiques et téléphoniques destinées au trafic public ne doivent donc pas reposer sur



le même support. En outre, comme il est prouvé que l'utilisation d'une conduite souterraine commune pour le télégraphe et le téléphone entraîne un grand nombre de perturbations, la commission a la conviction que les deux sortes de perturbations ne pourront être supprimées que lorsqu'on renoncera, pour le téléphone, à utiliser la terre comme conducteur. Des perturbations d'installations à faible courant par l'induction d'installations voisines à fort courant capables d'empêcher le trafic s'observent avant tout dans les lignes téléphoniques simples, à proximité de chemins de fer électriques dont l'exploitation accuse de rapides variations de courant.

« Les expériences faites à Bâle touchant l'influence du tramway électrique sur les lignes téléphoniques ont donné les résultats suivants :

« Les tramways électriques occasionnent dans les stations téléphoniques dont les conduites aériennes ne sont qu'à un seul fil, un bruit extrêmement gênant, même quand ces conduites ne se trouvent pas dans le voisinage immédiat des conduites du tramway. Ces perturbations sont causées principalement par l'induction, tandis que l'influence perturbatrice exercée sur les téléphones par les courants dérivés à la terre s'est montrée, lors de ces expériences, tout à fait insignifiante. Il faut remarquer ici que le tramway de Bâle, outre la conduite de retour des rails, emploie encore un fil de cuivre de 8 mm. d'épaisseur placé dans la terre près des rails, comme conduite de retour. Le mode de mise à la terre du téléphone n'a eu dans ces expériences aucune influence notable. L'influence du courant qui sert à l'exploitation du tramway sur un câble simple tendu à proximité du train sur une

longueur de 1900 m. est beaucoup moins grande que sur une conduite aérienne simple plus courte. Ce phénomène s'explique par le fait que le tube en fer où se trouve le câble atténue d'une manière considérable l'induction sur le câble.

« En intercalant des bobines d'induction dans la conduite du tramway on peut affaiblir un peu le bruit en question, mais non pas le supprimer. Les perturbations disparaissent entièrement, tant en ce qui concerne les conduites aériennes que les câbles, quand on se sert de lignes doubles parallèles. Il ressort donc de ces expériences que l'unique moyen d'éviter l'induction des courants forts sur les lignes téléphoniques consiste à employer des lignes téléphoniques doubles. Si l'on usait pour les chemins de fer électriques d'une conduite à contact multipolaire, isolée de la terre, peut-être pourrait-on, dans des circonstances favorables, atténuer assez ces perturbations pour obtenir des communications aisées par téléphone. Mais, même par ce moyen, il n'est pas possible d'empêcher entièrement les perturbations.

« Il résulte de ces faits qu'il est possible de supprimer entièrement les influences perturbatrices des installations à fort courant sur les lignes téléphoniques par l'emploi de lignes téléphoniques distinctes d'aller et de retour, isolées de la terre. Ces lignes doivent être parallèles, placées aussi près que possible l'une de l'autre et croisées sur les poteaux aussi souvent qu'il est nécessaire. L'emploi de lignes téléphoniques doubles fournit en même temps un moyen suffisant de supprimer les perturbations réciproques des lignes téléphoniques. Comme l'établissement de lignes téléphoniques doubles, sous la forme de conduites aériennes,

présenterait dans de grandes installations téléphoniques, des difficultés considérables, ces lignes doubles doivent être employées sous la forme de câbles. L'emploi de câbles pour les téléphones supprimerait entièrement le plus grand nombre des perturbations mécaniques, ainsi que les perturbations causées par l'électricité atmosphérique. L'adoption de lignes téléphoniques doubles placées sous terre est donc l'unique moyen d'obtenir une exploitation téléphonique aussi parfaite, aussi sûre et aussi exempte de perturbations que possible. »

C'est pour des raisons semblables que l'administration des télégraphes de l'empire allemand se propose d'adopter pour les téléphones les lignes doubles, afin de rendre plus distincte la conversation par téléphone gênée par l'induction réciproque des conduites, par les bruits de la terre, et surtout par l'induction des installations à fort courant et par les courants errants qui émanent de ces installations, afin aussi de rendre plus parfaite la conversation à de grandes distances (Exposé des motifs pour le projet d'une loi sur les télégraphes pour l'empire allemand, du 10 mars 1899). En Suède, les lignes téléphoniques de l'État ont été établies à double conduite dès le début.

La direction des télégraphes s'élève nettement contre l'obligation d'établir à double ligne les téléphones, insistant notamment sur les grandes dépenses qu'occasionnerait un pareil changement. Dans un rapport du 26 janvier 1899, elle déclare que le vrai moyen d'obvier à l'influence perturbatrice des forts courants sur les téléphones, c'est de *mener parallèlement les lignes d'aller et de retour des forts courants et de les isoler le plus possible de la terre*. Elle constate que le

tramway électrique Vevey-Montreux-Chillon, ouvert en 1888, est à double fil et qu'il n'a jamais eu d'influence fâcheuse sur l'exploitation des téléphones, sauf dans les rares circonstances où sa conduite s'est trouvée imparfaitement isolée.

« Les tramways électriques n'exigeant qu'un développement de lignes relativement peu considérable, on ne peut guère, en ce qui les concerne, objecter sérieusement la question de dépenses, ni déclarer « économiquement impraticable » l'établissement d'une double conduite pour eux et pour les forts courants en général; de même, d'après la sous-commission technique elle-même, quand il s'agit de ce genre d'installations, on ne peut faire valoir en première ligne des raisons d'esthétique. Ce que la commission allègue en faveur de l'installation à double fil pour les téléphones milite également, pour l'essentiel, en faveur des conduites doubles pour les forts courants, et n'est d'ailleurs pas nouveau pour l'administration des télégraphes, car des 11 570 kilomètres de communications interurbaines, qui existaient à la fin de 1897, 10 874 kilomètres sont à double fil et 696 kilomètres seulement à simple fil. Un certain nombre de conduites d'abonnés, par exemple toutes celles du réseau de Lugano ont dû être doublées.

« Toutefois l'expérience a démontré que les conduites disposées en boucle qui courent parallèlement, sur une certaine distance, aux conduites à fort courant, ne trouvent pas non plus en elles-mêmes une protection suffisante contre l'induction de ces dernières, de telle sorte qu'on a dû souvent croiser ou déplacer les fils en boucle.... Il en est de même des conduites d'une certaine longueur pour abonnés; il faut recon-

naître cependant que pour le plus grand nombre des lignes d'abonnés, un double fil permettrait d'atteindre le but. Mais ici la question des frais pèse d'un grand poids dans la balance. »

Les frais d'établissement et d'exploitation deviennent, en effet, bien plus considérables, non seulement parce que l'installation des lignes est plus coûteuse, mais parce qu'il faut transformer complètement les stations centrales. Ce facteur économique est d'autant plus important que le public a demandé maintes fois et ne cessera de réclamer une réduction toujours plus grande des taxes. « Sans doute, l'intérêt économique d'un moyen de communication comme les téléphones ne permet pas de percevoir des droits trop élevés, et il est une limite qu'on ne peut dépasser, bien qu'en Suisse la modicité de ces droits ait grandement contribué à la faveur dont jouit ce moyen de communication et à son prompt développement. Si donc ces taxes doivent demeurer modérées, sans que la Caisse fédérale soit forcée de faire de continuelles avances à l'administration des télégraphes, ce qui contredirait le sens et la lettre de l'article 42 de la Constitution fédérale, l'administration devra s'arranger de façon que les recettes et les dépenses se fassent équilibre.

Pour cette raison et bien qu'en 1883 on connût déjà les avantages des installations *souterraines*, on a préféré les installations aériennes, comme l'ont fait d'ailleurs la plupart des administrations de l'étranger. On n'a pas exclu en principe, naturellement, les installations souterraines, en tant que l'intérêt du service l'exigeait; on les a simplement renvoyées à des temps plus propices.

Depuis 1883, la réduction des taxes téléphoniques,

le nombre toujours croissant des communications par téléphone, les nombreuses transformations de bâtiments, poses de câbles, etc., n'ont nullement amélioré la situation financière de l'administration des télégraphes, bien que, suivant le budget, le compte de construction doive s'élever, à la fin de 1899, à près de 10 millions, avec un intérêt annuel de 332 500 francs et une quote d'amortissement de 1 425 700 francs, de telle sorte que le compte d'exploitation sera chargé d'une dépense de 1 758 200 francs et qu'on n'a pu prévoir, comme amortissement extraordinaire, qu'un solde actif de 5 700 francs. Ainsi dans le cas le plus favorable les recettes ne pourront que faire équilibre aux dépenses.

Les dépenses faites jusqu'à la fin de 1898 pour la pose de lignes téléphoniques souterraines se sont élevées à 5 749 400 francs. Sur cette somme, six entreprises de tramways intéressées ont remboursé un montant total de 141 500 francs. L'administration des télégraphes avait donc prévenu dans une large mesure le postulat de la sous-commission technique l'invitant à « poser des lignes téléphoniques souterraines, surtout dans les villes, autant que les moyens pécuniaires de la Confédération le permettent » et, en tant que les intérêts de l'exploitation des téléphones l'exige réellement; elle est en voie de combler les lacunes qui existent encore. Mais la transformation des grands réseaux téléphoniques exigeant des capitaux considérables et beaucoup de travail, ne peut se faire tout d'un coup, et force est de la répartir sur une longue série d'années, comme l'indique le message pour le budget de 1899.

En ce qui concerne l'introduction de *lignes à double*

fil, en renonçant à la terre, nous devons déclarer, en désaccord sur ce point avec la commission technique, que les dépenses à cet effet seraient décidément trop élevées.

Un calcul approximatif des frais qui en résulteraient pour l'administration des télégraphes, calcul basé sur l'état des lignes du réseau téléphonique suisse, à la fin de 1897, donne les chiffres que voici :

Doublement des lignes aériennes existantes. . .	8 191 989 fr.
Doublement par le moyen de câbles.	8 308 200
	16 500 189 fr.

Nous faisons remarquer encore que cette somme est tout à fait approximative, reposant sur des données hypothétiques qui peuvent ne pas se réaliser, auquel cas les dépenses seraient plus grandes. Le calcul repose aussi sur l'état à fin 1897, alors que pour 1898 et pour les années suivantes il faut tenir compte d'une augmentation considérable de la longueur des fils. En outre, le calcul ne concerne que les lignes, alors que leur doublement entraînera dans les stations centrales une transformation des commutateurs et en bien des endroits un agrandissement des chevalets centraux et des locaux, ou même des modifications considérables des bâtiments. Pour pouvoir à cet égard calculer même approximativement la dépense, il faudrait procéder d'abord à une enquête approfondie et qui exigerait beaucoup de temps. On peut prévoir toutefois, sans crainte d'exagérer, un surplus de frais de trois millions et demi au minimum, de sorte que le doublement des fils occasionnerait en tout une dépense d'au moins 20 *millions*.

« En outre, l'administration des télégraphes se pro-

pose d'établir des câbles dans 16 grandes villes pourvues ou que l'on projette de pourvoir de tramways électriques; or, il ressort d'un nouveau calcul approximatif que cette entreprise coûterait environ 11 millions. Cette dépense doit être déduite des 20 millions sus-mentionnés, de sorte que le *surplus effectif de dépenses* que le dédoublement de *tous* les fils occasionnerait à l'administration serait de 9 *millions*.

« Pour le surplus de frais provenant du doublement des fils d'abonnés, l'administration n'a aucune compensation, attendu que les droits téléphoniques perçus aujourd'hui ont été fixés sur la base des conduites à fil unique, et aériennes encore; en outre, il sont si bas, qu'il serait impossible de renchérir l'exploitation.

« L'économie réalisée sur les frais d'entretien des installations souterraines serait plus que balancée par les frais autrement considérables d'établissement; et quant aux conduites aériennes à double fil, leur entretien coûterait beaucoup plus cher.

« L'augmentation extraordinaire des frais d'établissement et d'exploitation conduirait nécessairement à une élévation des taxes téléphoniques, mesure qui serait assez mal accueillie en ce moment.

« On accordera sans doute à l'administration des télégraphes, un certain délai pour exécuter les mesures proposées et ce délai serait naturellement assez long, tant à cause des frais considérables qui seraient occasionnés que parce qu'un travail aussi énorme exige beaucoup de temps. Il faut remarquer toutefois qu'il n'est plus au pouvoir de l'administration de dire, une fois que le doublement des fils sera décidé en principe, quand et en combien de temps cette opération pourra s'effectuer. Cela dépendra principalement du dévelop-

pement des installations à fort courant et des dispositions légales y relatives. Pour se répartir sur un certain nombre d'années, l'opération n'en est pas plus acceptable pour l'administration; les charges qui en résulteront ne l'empêcheront pas moins, en effet, pour un temps indéfini, de rétablir son équilibre financier déjà compromis par les câbles qu'elle projette de poser. »

D'après les calculs de l'administration des télégraphes, si l'on répartit sur dix années l'installation des câbles nécessaires et le doublement de toutes les lignes, le compte de construction se trouvera grevé chaque année de 2 millions, sans compter les frais pour de nouvelles communications interurbaines dont le besoin, loin de diminuer, ne fera qu'augmenter avec l'augmentation du trafic. En supposant que les recettes de l'administration permettent un amortissement de 15 pour 100, mais aucun amortissement extraordinaire, et que l'accroissement annuel du compte de construction soit égal à la dépense probable pour 1898 de 2 430 000 francs (somme qui comprend 1 100 000 francs pour les câbles), augmentés de 900 000 francs pour doublement des fils, soit en tout 3 330 000 francs, le compte de construction, du 1er janvier 1899 au 1er janvier 1910, s'élèverait de 9 500 000 francs à 20 000 000 en chiffre rond.

Cette somme de 20 millions doit être considérée comme un *minimum*; elle se monterait en réalité à 25 ou 30 millions, car il n'est pas admissible que pendant cette période de dix années, la dépense annuelle évaluée à 3 300 000 francs puisse suffire. De nouveaux besoins se feront probablement sentir; sur certains parcours interurbains, notamment, où les lignes

aériennes, télégraphiques et téléphoniques sont en nombre déjà si considérable qu'il n'y a plus moyen d'en ajouter de nouvelles, il faudra établir des communications souterraines, entre Berne et Zollikofen, par exemple, ou entre Lausanne et Genève.

L'administration des télégraphes montre ensuite que depuis 1893, à la seule exception de 1895, ses recettes n'ont pas suffi pour payer l'amortissement annuel (jusqu'en 1895, 10 pour 100 et depuis 15 pour 100) que cette opération n'a pu s'effectuer qu'en faisant entrer en ligne de compte l'augmentation de l'inventaire; que, dans les années 1893 et 1896, ces recettes n'ont même pas pu couvrir les *intérêts* du compte de construction et que probablement elles ne le pourront pas davantage en 1899, de sorte que cette année aussi il faudra faire appel à l'augmentation de l'inventaire pour combler le déficit; que les budgets pour 1898 et 1899 font grandement douter que même avec l'aide de l'augmentation de l'inventaire on puisse payer l'amortissement de 15 pour 100 (d'amortissement extraordinaire, il n'en est naturellement pas question); et enfin que l'augmentation de l'inventaire étant sujette à des fluctuations considérables ne peut servir de base aux prévisions.

L'administration calcule approximativement comme suit ses recettes et ses dépenses futures. De 1895 à 1897, l'augmentation des *recettes* a été en moyenne de 546 788 francs par an, et au budget de 1898 l'augmentation prévue était de 563 313 francs; au budget de 1899, on a admis une augmentation assez élevée de 689 100 francs, si bien que pour chacune des années 1900 à 1909 on peut évaluer l'augmentation moyenne à 700 000 francs. De 1895 à 1897, l'augmen-

tation moyenne des *dépenses* a été de 471 704 francs et en ajoutant les chiffres du budget de 1898 et de 1899, l'augmentation moyenne, depuis 1895, est de 577 678 francs. Mais, en raison de l'élévation des traitements, à partir du 1er janvier 1898, ce dernier chiffre serait trop bas pour l'avenir, et en fixant la moyenne des chiffres du budget de 1898 et de 1899 à 736 639 francs, on se rapprocherait davantage de la vérité. Comme cette somme toutefois dépasse la moyenne admise des recettes et ne repose en partie que sur des conjectures, on a pris, pour au moins ne pas dépasser le chiffre vrai, à peu près la moyenne des deux dernières sommes, soit la somme de 650 000 francs comme augmentation moyenne des dépenses.

D'après ce calcul, de 1900 à 1909 les recettes augmenteraient de 72 pour 100, les dépenses de 69,9 pour 100, tandis que, de 1890 à 1899, l'augmentation a été pour les recettes de 101 pour 100 et pour les dépenses de 136 pour 100. Pour la période de 1890 à 1897, les recettes ont augmenté de 70 pour 100, les dépenses de 91 pour 100, résultat dont se rapproche le calcul en question, bien qu'il soit plus favorable, notamment en ce qui concerne les dépenses. Suivant ce calcul, l'excédent des recettes s'élèvera :

en 1900	à fr.	364 000
en 1901	à	414 000
en 1902	à	464 000
en 1903	à	514 000
en 1904	à	564 000
en 1905	à	614 000
en 1906	à	664 000
en 1907	à	714 000
en 1908	à	764 000
en 1909	à	814 000

Le surplus de recettes qui, dans les années 1900 à 1904, résultera de l'exploitation suffira donc à peine à couvrir même l'intérêt du compte de construction; on peut espérer, il est vrai, qu'à partir de 1905, ce surplus de recettes excédera un peu ledit intérêt :

en 1905	de fr.	8 361
en 1906	de	32 675
en 1907	de	60 809
en 1908	de	92 237
en 1909	de	126 452

Mais ces excédents, même en y ajoutant l'augmentation de l'inventaire et même si cette augmentation était évaluée à un maximum de 1 1/2 million, ne suffiraient pas pour payer la quote ordinaire d'amortissement qui de 1674840 francs en 1900, ira en augmentant jusqu'en 1909, où elle sera de 2946637 ou de 3 millions en chiffre rond. Il résulte donc de ces calculs que les avances faites par la caisse d'État fédérale à l'administration des télégraphes ne peuvent être considérées comme un placement avantageux, mais plutôt comme une subvention à fonds perdu. L'administration des télégraphes arrive à cette conclusion que sa situation financière ne lui permet pas d'assumer de nouvelles charges en faveur d'installations à fort courant.

Sans méconnaître aucunement la force de ces raisons, nous estimons toutefois que l'établissement d'une double conduite pour les lignes téléphoniques, qui a été recommandé par les experts et qui est en voie d'exécution à l'étranger, doit être considéré, au point de vue technique, comme le meilleur moyen dans l'intérêt même des téléphones, de parer aux incon-

vénients indiqués. On tiendra compte des difficultés financières en n'exécutant cette mesure que par étapes et, notamment, en répartissant équitablement les frais qui en résulteront entre les installations à faible courant et celles à fort courant; nous reviendrons sur ce point. Pour l'installation nécessaire de lignes téléphoniques à double fil partout où elles entrent en contact avec les conduites à fort courant, nous avons prévu une période de dix années. (Prescriptions générales, article 2.)

Les articles 4 à 10 du projet sont empruntés à la loi existante; il n'y a aucune raison de rien changer à ces dispositions qui ont fait leurs preuves. A l'article 5 seulement, on a un peu modifié la rédaction en remplaçant les mots « faire passer des fils télégraphiques et téléphoniques » par l'expression plus complète « utiliser l'espace libre pour y faire passer, etc. ». La disposition actuelle a toujours été interprétée dans ce sens que l'utilisation gratuite des propriétés privées ne doit pas s'étendre à l'établissement dans ces propriétés de points d'appui.

A l'article 6, il suffit de parler de « demandes » et de « conduites et canaux souterrains », la mention des conduites d'eau et de gaz n'étant pas assez générale. Aux articles 9 et 10 qui traitent de l'établissement des lignes de l'administration des télégraphes sur le domaine des compagnies de chemins de fer, il y a lieu d'indiquer expressément, outre les lignes téléphoniques, les lignes télégraphiques et de mentionner, à côté du préjudice à l'exploitation du chemin de fer, le préjudice à l'exploitation électrique. Les lignes établies par l'administration des télégraphes ne doivent pas plus gêner l'exploitation électrique du chemin de fer

que tout autre service de ce dernier. Si, en revanche, la construction ou l'entretien de lignes télégraphiques causent quelque dommage à une compagnie de chemin de fer, c'est l'administration de ce chemin de fer qui doit le supporter, en tant que les contrats passés avec elle l'obligent à effectuer ces travaux. Il n'y a aucune raison non plus, quand les installations du chemin de fer nécessitent des modifications aux lignes de l'administration des télégraphes, de charger cette dernière des frais qui en résultent, ce qui serait contraire à la situation juridique créée par les articles 22 et 23 de la loi fédérale sur l'établissement et l'exploitation des chemins de fer du 23 décembre 1872. Ce n'est que pour les installations téléphoniques qu'il y a lieu de maintenir les exceptions formulées dans la loi de 1889.

L'article 11 a été mis en harmonie avec les dispositions de la loi sur l'organisation judiciaire fédérale du 22 mars 1893.

Pour les cas assez rares où l'administration des télégraphes doit recourir à l'expropriation, ce sont les dispositions de la loi actuelle sur la matière qui font règle (article 12).

Les prescriptions sur les relations de l'administration des télégraphes avec d'autres entreprises électriques (articles 8 à 11 de la loi actuelle) se trouvent au chapitre III.

III. Installations a fort courant.

Eu égard aux dangers qu'elles présentent, sont soumises aux prescriptions de la présente loi toutes les installations électriques à fort courant, qui empruntent le domaine public ou celui des compagnies de chemins

de fer ou qui, par suite du voisinage d'autres conduites électriques, peuvent causer des perturbations d'exploitation ou présenter des dangers (article 13).

Il est impossible de formuler dans la loi elle-même les *prescriptions techniques* pour l'établissement et l'exploitation des installations à fort courant; la loi déterminera seulement dans quel sens et par qui les prescriptions doivent être édictées (article 15). Elles portent, en effet, sur une série de détails techniques; puis, la science et la pratique de l'électricité sont perpétuellement en voie de transformation et de développement; il serait donc extrêmement gênant d'arrêter ces prescriptions dans une loi qu'on ne pourrait modifier sans de longues opérations et de nombreuses difficultés. Afin, toutefois, que l'Assemblée fédérale sache de quels objets traiteront les ordonnances que doit édicter le Conseil fédéral, nous joignons à ce message les prescriptions proposées par la commission des experts à titre de projets d'arrêtés du Conseil fédéral, savoir : 1. prescriptions générales sur les installations électriques et 2. prescriptions concernant l'établissement des conduites pour chemins de fer électriques. Leur but est d'obvier autant que possible aux dangers résultant des installations électriques à fort courant et de leur rencontre avec les installations à faible courant. Les prescriptions générales contiendront notamment des dispositions sur les notions de haute et de basse tension, et sur les tensions admissibles (article 14).

Ces prescriptions seront modifiées au fur et à mesure des progrès de l'électrotechnique. Afin que leur développement marche de pair avec celui de cette science, le Conseil fédéral ne les édictera qu'a-

près avoir pris l'avis d'une commission d'experts de 7 membres choisis par lui, de préférence dans l'association suisse des électriciens (article 20). Par sa composition, cette commission, où doivent être représentées les installations électriques, l'industrie et la science électriques, et l'administration fédérale des télégraphes, donnera aux cercles spéciaux la part qui leur revient dans la solution des questions électrotechniques. Cette commission doit donner son préavis sur toutes les questions importantes que le Conseil fédéral doit résoudre sur la base de la présente loi, notamment : lorsqu'il faut décider si une installation électrique doit être considérée comme installation à faible courant ou comme installation à fort courant (article 2) ; quand il y a contestation sur l'établissement de conduites télégraphiques et téléphoniques (article 6) ; quand il s'agit de fixer les tensions admissibles (article 14); d'accorder des délais pour l'exécution successive des prescriptions en ce qui concerne des installations existantes (article 15, 3me alinéa); d'élaborer des règles relatives à la présentation de plans pour les installations à fort courant (article 16); quand il y a recours contre des décisions des autorités de contrôle (article 23); différends entre ces autorités (article 24); litige sur le tracé d'installations électriques et l'admissibilité de l'expropriation (articles 48 et 52) ou encore quand le Conseil fédéral doit infliger une amende pour non-observation des instructions de l'inspectorat des installations à fort courant (article 58).

Les prescriptions édictées par le Conseil fédéral doivent être immédiatement exécutées et dans toute leur étendue, en ce qui concerne les nouvelles instal-

lations électriques. En revanche, le Conseil fédéral doit avoir la faculté, après avoir pris l'avis de la Commission des experts, de fixer pour les installations existantes des délais équitables et d'autoriser des modifications (article 15, 3me alinéa).

Les installations à fort courant ne doivent être exécutées qu'après avoir obtenu l'approbation du Département fédéral des Postes et des Chemins de fer (article 16). C'est à l'inspectorat des installations à fort courant, à qui toutes les pièces doivent être soumises à cet effet, qu'il appartient, après avoir consulté la Direction fédérale des télégraphes, de proposer cette approbation. Le chapitre VI, qui traite de l'expropriation, règle le mode de procéder en cas d'opposition au dépôt des plans. Une ordonnance formulera des prescriptions touchant l'étendue et la nature des pièces à présenter. Le Conseil fédéral édictera cette ordonnance après avoir pris l'avis de la Commission d'experts prévue à l'article 20. Les installations intérieures sont en principe exemptées de l'obligation d'une présentation préalable des plans.

Pour mieux préciser cette notion d'installations intérieures, qui, d'après d'autres articles encore de la loi, sont soumises à un traitement exceptionnel, on en a donné une définition à l'article 17. Ces installations doivent être affranchies des obligations imposées par la loi, toutes les fois que cela sera possible sans porter préjudice aux intérêts publics.

Les dispositions de l'article 18 concernant la répartition des frais résultant des mesures à prendre pour assurer autant que possible la sécurité, ont une grande portée financière. Pour parer aux dangers que présente la rencontre des installations à faible et à fort cou-

rant, non seulement l'on doit employer des appareils de sûreté, tels que filets protecteurs, etc., mais il peut être nécessaire d'apporter des changements considérables aux conduites existantes, tels que déplacements de lignes, pose d'un double fil, remplacement des conduites aériennes par des câbles, etc. Très souvent la solution la meilleure et la moins coûteuse sera de transformer les conduites existantes. De telles mesures, suivant les cas, peuvent occasionner de grandes dépenses.

Sur la répartition de ces frais, la loi fédérale concernant l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques, du 26 juin 1886, formule les prescriptions suivantes :

« Art. 8. Avant l'installation de lignes électriques pour courants forts, les plans et tous les documents nécessaires doivent être soumis à l'administration fédérale. Cette dernière veillera, lors de l'approbation des plans et pendant l'exploitation, à ce que l'entrepreneur d'une ligne électrique pour courant fort prenne les mesures nécessaires pour protéger les installations télégraphiques et téléphoniques contre tout danger et toute perturbation de l'exploitation et pour ne pas en rendre impossible le développement futur. Dans ce but, l'administration fédérale prendra de son côté les mesures nécessaires en ce qui concerne ses propres lignes.

« Les mêmes principes s'appliquent à l'établissement de nouvelles conduites télégraphiques ou téléphoniques vis-à-vis d'une entreprise électrique pour courants forts déjà existante.

« Art. 9. A défaut d'entente sur les mesures à prendre, le Conseil fédéral en décidera après avoir

pris l'avis d'experts désignés en dehors de l'administration.

« En cas de non-observation des prescriptions ordonnées, le Conseil fédéral a le droit d'interdire l'exploitation d'une installation à courant fort.

« Demeurent réservées les dispositions de l'article 66 du code pénal fédéral.

« Art. 10. En cas de contestations, le Tribunal fédéral tranchera la question de la répartition des frais occasionnés par les mesures ordonnées par le Conseil fédéral, d'après les principes suivants :

a. Les frais résultant des mesures à prendre à l'occasion de l'établissement d'une nouvelle ligne pour protéger une ligne déjà établie sont supportées par l'entrepreneur de la nouvelle conduite.

b. Dans le cas où la création d'une nouvelle conduite électrique (pour courants forts, et pour télégraphes ou téléphones de l'État) nécessite le changement d'une ligne établie, les frais qui en résultent sont, dans la règle, supportés entièrement par l'entrepreneur de la nouvelle conduite, à moins que ces frais ne soient occasionnés, en tout ou en partie, par l'installation défectueuse de la première ligne. Une exception à cette règle peut être admise en faveur des conduites pour courants forts qui servent à un but d'intérêt public.

c. Dans tous les autres cas, chaque partie supporte les frais qui résultent des mesures concernant son installation particulière.

« Art. 11. Les dispositions des articles 9 et 10 sont applicables aux entreprises déjà existantes. »

Ces prescriptions ne peuvent résister à un examen impartial; il ne semble pas juste de faire supporter à la nouvelle ligne la majeure partie des frais résultant des mesures à prendre ou de mettre à la charge de chaque ligne le coût des appareils dont on l'a munie. Le fait qu'une conduite existait avant l'autre n'a en droit aucune importance. Il est également indifférent que l'appareil protecteur doive être appliqué à la conduite A plutôt qu'à la conduite B. L'essentiel est qu'il soit placé là où il est techniquement le plus efficace. Si c'est à la conduite A que doit s'appliquer l'appareil, il n'y a pas de motifs pour que cette conduite soit chargée de tous les frais, et que la conduite B en soit exemptée entièrement ou du moins n'en supporte qu'une part insignifiante. L'équité veut plutôt que, lors de la rencontre des deux conduites, l'on additionne les frais occasionnés par l'application d'appareils protecteurs aux conduites A et B, et que l'on détermine dans quelle proportion doit être réparti le total.

Bien qu'en vertu du monopole qui leur appartient et de leur caractère d'utilité publique, les lignes télégraphiques et téléphoniques de l'État puissent prétendre à un privilège, elles sont cependant trop favorisées par la loi existante. Une part des frais doit leur incomber, part que nous proposons de confier à un tiers.

Si, par exemple, l'établissement d'un chemin de fer électrique exige la suppression d'une ligne téléphonique aérienne et son remplacement par un câble, les frais de ce changement peuvent s'élever dans un cas particulier, mettons à 60 000 francs. Il ne serait pas juste de les faire supporter entièrement à la nouvelle ligne; il y a lieu d'en mettre une partie à la

charge de la ligne téléphonique, soit, dans l'exemple choisi, la somme de 20000 francs. Cet exemple prouve encore qu'on n'a nullement l'intention de faire supporter la totalité des frais à l'administration des téléphones, que celle-ci ne sera donc pas chargée dans la mesure où elle le craint.

Dans le cas où d'autres installations électriques venant à se rencontrer nécessiteraient des mesures protectrices ou des modifications, il faudrait, pour la répartition, considérer notamment, d'une part l'importance économique des installations, d'autre part le surplus de dépense qu'entraînerait un changement dans les dispositions de l'une ou de l'autre. Il faut observer que, dans certaines conditions, des modifications à l'installation à faible courant déjà existante occasionneraient beaucoup moins de frais qu'une modification en vue de la protéger apportée à l'installation à fort courant. Une disposition prescrivant que les dépenses sont à supporter en commun, conduira à prendre les mesures techniques et pratiques les plus rationnelles et partant les moins onéreuses pour les deux parties.

Comme il n'est guère possible de fixer tous ces détails dans une définition légale, nous proposons de ne tenir compte dans la loi que de l'importance économique des installations. Il faudra considérer, entre autres, la quantité d'énergie électrique produite. Mais, en cas de contestation, il faut laisser toute latitude à l'appréciation du juge.

En conformité des prescriptions existantes, c'est au tribunal fédéral, comme instance unique, qu'est laissé le soin de trancher, en cas de contestation, la question de la répartition des frais.

Pour l'exploitation des installations à fort courant, il est généralement nécessaire d'établir des communications téléphoniques privées. Il faut obtenir, dans ce cas, une concession de l'administration des téléphones; cette concession doit, à l'avenir, être gratuite (article 19).

IV. Contrôle.

Il faut mentionner ici en première ligne la commission permanente pour installations électriques qui est à la disposition du Conseil fédéral et sur les attributions et la composition de laquelle nous avons déjà donné des renseignements à l'article 15 (article 20).

Il va de soi que la surveillance et le contrôle des conduites électriques est avant tout l'affaire de leurs propriétaires et que ceux-ci sont responsables de leur état. La haute surveillance de la Confédération ne change rien à cette situation; néanmoins, pour éviter tout malentendu, le principe a été énoncé formellement. A ce propos, par exception à la loi sur la police des chemins de fer, on a accordé aux agents des propriétaires de conduites électriques se trouvant sur le domaine des chemins de fer le droit, après avis aux organes de la voie, de s'introduire sur ce domaine pour l'entretien et la surveillance des conduites électriques (article 21).

Il est indubitable que le contrôle des installations électriques, notamment de la manière dont seront observées les prescriptions à édicter en conformité de l'article 15 doit appartenir à la Confédération. Personne non plus ne conteste que ce soit au Département fédéral des Postes et des Chemins de fer (admi-

nistration des télégraphes) de contrôler les installations à faible courant et leurs croisements avec les installations à fort courant, et à ce même département (division des chemins de fer) de surveiller les chemins de fer électriques, leurs croisements avec les conduites électriques à fort courant et la pose de celles-ci le long des voies ferrées. En revanche, il s'est produit des divergences d'opinion sur la question de savoir qui devait contrôler les installations à fort courant. On a fait remarquer que, depuis le 1er avril 1898, il existait un contrôle de ces installations institué par l'association suisse des électriciens. Celle-ci a prescrit des mesures de sécurité concernant la construction et l'exploitation des conduites électriques à fort courant; elle a déclaré ces mesures obligatoires pour ses membres et nommé un inspectorat technique particulier pour en surveiller l'observation. Certains cantons (Vaud, Fribourg et Valais) ont déclaré cette inspection obligatoire pour toutes les installations de ce genre qui se trouvent sur leur territoire. On a proposé de charger cet inspectorat de contrôler toutes les installations à fort courant, y compris celles dont les propriétaires ne font point partie de l'association, de même que le Conseil fédéral a confié à l'inspecteur de l'association des propriétaires de chaudières le soin d'examiner les chaudières des fabriques et des bateaux à vapeur. Pour indemniser l'association de ce contrôle on lui allouerait une subvention fédérale, ou on augmenterait celle qu'elle reçoit déjà. Cet inspectorat prendrait un caractère officiel du fait que, comme la direction des télégraphes en ce qui concerne l'inspection des installations à fort courant, et la division des chemins de fer pour ce qui est de l'inspection des

chemins de fer électriques, il aurait à fonctionner comme organe et sous le contrôle d'une commission de l'État qui aurait la haute surveillance et le droit de donner des instructions obligatoires. Cette commission serait à la nomination du Conseil fédéral et, outre la direction et la surveillance de l'inspectorat des installations à fort courant, elle remplirait les fonctions qui lui sont attribuées par l'article 20.

D'autres ont été d'avis qu'on ne pouvait confier à des particuliers une mission aussi importante et faire exercer la haute surveillance par une commission qui ne se réunissait que de temps en temps. Examiner les installations projetées, formuler des propositions touchant leur approbation, surveiller l'exécution des plans approuvés, contrôler l'observation des dispositions légales et des prescriptions techniques édictées en vertu de l'article 15, tout cela exigeait des fonctions permanentes avec un personnel spécial. Une autre attribution dudit office consistait à réunir les matériaux statistiques nécessaires pour le contrôle.

Cet office, inspectorat des installations à fort courant, eût exigé un chef avec remplaçant et un nombre considérable d'ingénieurs électriciens comme contrôleurs, ainsi que d'employés de chancellerie; il ne serait pas possible d'indiquer un chiffre précis attendu que le nombre des affaires dépend de l'extension des installations à fort courant. Les honoraires seraient pareils à ceux des fonctions analogues de la division technique du Département des chemins de fer, car on exigerait des fonctionnaires des connaissances spéciales. Cet inspectorat aurait été soumis au Département des postes et des chemins de fer, soit à la division des chemins de fer, en raison des rela-

tions qui doivent exister entre les trois inspectorats.

Lors de la discussion de cette question, la commission des experts a demandé si instamment de confier à l'association suisse des électriciens l'inspectorat des installations à fort courant, et l'on a pensé que cet arrangement aurait une influence si favorable sur le développement de l'industrie électrique en Suisse, que nous avons cru devoir faire un essai avec cette inspection mixte.

A cet effet, il suffira d'insérer dans la loi une disposition confiant le contrôle des installations à fort courant à un inspectorat que désignera le Conseil fédéral. Celui-ci compte charger de cette inspection l'inspectorat nommé par l'association suisse des électriciens aussi longtemps que cette association sera disposée à remplir ces fonctions et s'en acquittera d'une manière satisfaisante. Dans le cas contraire, le Conseil fédéral choisirait un autre contrôle.

Le contrôle des installations à fort courant, y compris les machines électriques pour ces courants sera donc probablement confié à l'inspectorat des installations à fort courant de l'association suisse des électriciens et l'on compte le subordonner à la commission pour les installations électriques prévue à l'article 20. Contre ses instructions, il peut être interjeté recours au Département fédéral des postes et des chemins de fer, et contre les décisions de ce dernier au Conseil fédéral, lequel décide, après avoir pris l'avis de ladite commission (article 23).

Les contestations qui pourraient s'élever entre les trois autorités chargées du contrôle seront tranchées également par le Conseil fédéral qui devra, préalablement, prendre l'avis de cette même commission. Il est

probable que, dans ces circonstances, les différends seront réglés sans autre, de vive voix (article 24).

La Confédération faisant exercer une partie de son contrôle par l'association suisse des électriciens qui, de son côté nomme et rétribue les organes de contrôle, il est équitable qu'elle alloue à l'association une certaine somme pour ses frais généraux. Mais il n'y a pas lieu d'insérer dans la loi une disposition à ce sujet, les mesures à prendre à cet égard rentrant dans la compétence du Conseil fédéral. En revanche, les frais spéciaux des inspections faites dans les usines électriques doivent être supportés par ces dernières (article 25). La subvention fédérale de 10 000 francs qui est allouée aujourd'hui à l'association suisse des électriciens doit donc être élevée dans une mesure équitable d'accord avec cette dernière.

Pour pouvoir surveiller convenablement les installations à fort courant, il faut établir une statistique officielle qui ne concernera que leur côté technique. La sous-commission de statistique qui n'a pu procéder elle-même dans le temps dont elle disposait, aux relevés voulus, a formulé dans son rapport des propositions détaillées (article 26).

Le contrôle des conduites électriques ne doit pas s'étendre aux installations intérieures. Le contrôle de ces dernières est l'affaire des entreprises électriques; l'autorité de contrôle se réserve seulement de procéder à une revision; elle se contentera généralement de quelques vérifications (article 27).

V. Dispositions concernant la responsabilité.

Pour trancher la question de la responsabilité, il

faut distinguer la responsabilité pour le dommage causé à des tiers par la construction ou l'exploitation de conduites à courant fort ou faible, et la responsabilité réciproque des installations électriques (à courant fort ou faible) en ce qui concerne l'indemnité à payer pour le dommage causé. La Confédération a incontestablement le droit d'édicter des dispositions légales sur l'une et l'autre responsabilité, la constitution l'autorisant à régler toutes les matières de droit se rapportant au droit des obligations, matières comprenant les lois générales et spéciales concernant les dommages-intérêts.

En ce qui concerne la responsabilité vis-à-vis de tiers en cas d'accident, les dispositions du code des obligations sont insuffisantes, car elles ne donnent le droit de réclamer une indemnité que lorsqu'il y a faute. En ce qui concerne les conduites électriques, il s'agit d'installations exceptionnellement dangereuses, qui, dans l'état actuel de la science, peuvent nuire aux personnes et aux choses, même dans les cas où il n'y a pas eu de faute commise, ou du moins pas de faute prouvée. Il y a donc lieu d'introduire ici la responsabilité en cas d'accident fortuit, et de n'exclure la responsablité, avec certaines restrictions toutefois, qu'en cas de force majeure.

Comme il s'agit donc de régler des matières de droit qui doivent être traitées à peu près de la même manière que la responsabilité des chemins de fer, il convient, dans la fixation des dispositions y relatives, de suivre, pour la forme aussi, la loi fédérale concernant la responsabilité des entreprises de chemins de fer et bateaux à vapeur en cas d'accidents entraînant mort d'homme ou lésions corporelles du 1er juillet 1875.

Mais à la différence de cette loi, il s'agit ici de régler non seulement la responsabilité à l'égard de tiers, mais la répartition de la responsabilité entre les diverses entreprises électriques. Comme on le sait, la plupart des accidents se produisent par l'effet d'une rencontre des conduites à faible courant avec celles à fort courant; en d'autres termes, les conduites à faible courant, qui par elles-mêmes ne présentent pas de danger, deviennent dangereuses par leur rencontre avec les conduites à courant fort. Il ne suffit donc pas pour établir les responsabilités de rechercher qui a commis une faute, car dans un grand nombre de cas on ne saurait prouver qu'il y a eu faute. Il ne serait pas juste non plus de rejeter toute la responsabilité sur les conduites à fort courant comme étant celles qui présentent du danger. Si elles existaient seules et n'entraient pas par hasard en contact avec les conduites à faible courant, il ne se produirait souvent aucun accident. Quand l'accident résulte de la rencontre des deux conduites, il ne serait pas équitable de n'en déclarer qu'une seule responsable. Il y a donc lieu d'établir des dispositions légales sur la répartition du dommage.

L'exemple suivant montre l'injustice qu'il y aurait à rendre les installations à courant fort seules responsables : un fil téléphonique se trouvant dans des conditions absolument réglementaires tombe par hasard ou par force majeure sur le fil de contact d'une conduite à fort courant qui répond de son côté à toutes les conditions de sécurité requises; si le fil ne touche pas le sol il arrivera souvent que ni l'exploitation du téléphone ni celle de la conduite à fort courant n'éprouveront de perturbation, mais il peut se faire qu'un

cheval, par exemple, venant à toucher le fil téléphonique, soit tué d'un coup. Il est clair que le propriétaire du cheval a droit à une indemnité; mais la conduite à fort courant, dont l'état était parfaitement conforme aux prescriptions, ne doit pas être seule tenue de la payer; l'administration des téléphones est pour le moins aussi responsable, parce que son fil s'est trouvé dans des conditions irrégulières qui peuvent être considérées comme ayant causé la mort du cheval.

Une responsabilité commune aura aussi pour effet de mieux assurer la communauté d'action des diverses installations électriques: elles seront plus disposées à prendre en commun des mesures protectrices aussi efficaces que possible. Une des tâches principales de la science électrique est, en effet, de chercher à réduire au minimum les chances d'accident. Dans l'état actuel de la science, il n'est pas possible d'exclure tout danger, à moins de dépenses énormes trop considérables pour permettre l'établissement d'installations électriques; ce qui fait que les installations existantes comportent certains risques à peu près inévitables.

Comme les mesures de sûreté entraînent aussi, le plus souvent, de grands frais, il est nécessaire d'en régler la répartition par les dispositions légales; il en a été question à l'article 18.

Les articles 28 et 29 règlent la responsabilité en cas d'accidents entraînant mort d'homme ou lésions corporelles, lors de l'établissement ou de l'exploitation d'installations électriques. Comme le dommage qui peut être causé aux choses n'a pas seulement une importance secondaire, comme quand il s'agit de la responsabilité des chemins de fer, il faut mentionner ce dommage

dans les dispositions fondamentales de ces articles. Toutefois, ce serait aller trop loin, selon nous, que de décréter la responsabilité légale pour le dommage résultant d'une perturbation dans la marche de l'exploitation; ce dommage peut être considérable, par exemple lorsqu'il y a suspension de l'exploitation d'un établissement industriel, et il semble peu équitable de faire intervenir ici la responsabilité pour un événement fortuit.

Pour éviter tout malentendu, il faut constater que les installations électriques qui sont la propriété de collectivités publiques (Confédération, cantons et communes) sont soumises à la même responsabilité que les installations qui appartiennent à des personnes privées (individus ou sociétés).

Ceux qui reçoivent l'énergie électrique pour leur usage particulier, ce sont au sens de la loi : les fabriques qui emploient pour leurs machines l'électricité, les tramways électriques, etc.; ceux qui la reçoivent pour la transmettre à des consommateurs sont : les communes, les sociétés, les corporations et des personnes isolées, qui distribuent le courant électrique pour l'éclairage, pour actionner des moteurs, etc.

La responsabilité à l'égard de tiers doit être commune, car la personne qui a souffert un dommage n'a pas à examiner si, dans la circonstance, c'est à l'installation ou au consommateur d'énergie électrique qu'incombe la responsabilité. Le règlement des relations entre les diverses entreprises intéressées ne concerne pas la victime de l'accident et ne doit pas permettre de repousser sa demande en dommages-intérêts sous prétexte que la personne visée n'est pas celle qui a encouru la responsabilité.

L'article 30 règle la responsabilité des différentes lignes électriques entre elles ainsi que celles des propriétaires d'installations et des consommateurs d'énergie électrique entre eux, en cas d'accident.

Il nous paraît juste de faire supporter le dommage en commun lorsqu'il n'est pas prouvé qu'une faute ait été commise; en cas d'accident fortuit, il ne serait pas équitable, en effet, de faire porter la plus grande part de responsabilité à la conduite la plus dangereuse en soi, car, comme on l'a montré plus haut, c'est précisément la conduite qui ne présente pas de danger par elle-même qui peut déterminer l'accident. Il s'agit ici de la répartition de l'indemnité pour dommage causé à des tiers. Quand deux entreprises sont en cause, le dommage serait supporté par moitié; quand il y en a trois, il le serait par tiers, etc.

Légalement, on ne peut défendre aux lignes électriques intéressées d'établir entre elles, par contrat, une répartition différente de la responsabilité, car il n'y a pas ici d'intérêts publics en jeu; seule la responsabilité vis-à-vis des tiers ne doit pas d'avance subir de restriction, car autrement la responsabilité légale pourrait être éludée.

L'article 31 déclare expressément que toute contravention aux prescriptions techniques édictées en conformité de la présente loi est considérée comme faute.

Lorsque des installations à fort et à faible courant se causent réciproquement un dommage, ce dernier doit être réparti entre elles dans une proportion juste et équitable, en tenant compte de toutes les circonstances, à moins qu'il ne soit prouvé qu'une faute est imputable à l'une ou à l'autre desdites installations. Pour la répartition de la responsabilité entre les installations

en cas de dommage réciproque, il ne faut pas fixer d'avance des parts déterminées; il faut que le juge jouisse d'une entière liberté d'appréciation, car ce n'est qu'après avoir examiné les faits qu'il lui est possible de prendre une décision juste (article 32).

Le propriétaire de l'installation à courant fort ou faible est tenu d'aviser immédiatement l'autorité locale désignée comme compétente par les cantons, de tout dommage causé à des personnes ou à des choses. Cette autorité ouvre une enquête officielle dans le plus bref délai sur la cause et les conséquences de l'accident, en se faisant assister d'experts dans les cas importants, et donne directement connaissance de cet accident au Conseil fédéral et au gouvernement cantonal. Cette prescription est nécessaire pour permettre de contrôler l'exécution des mesures de sécurité prescrites, et l'avis simultané au Conseil fédéral et au canton est nécessaire pour exclure un jugement partial que pourraient dicter des influences locales. L'avis direct aux organes de la Confédération est surtout désirable quand les cantons eux-mêmes établissent des lignes électriques et peuvent avoir un intérêt pécuniaire à n'exécuter qu'imparfaitement les mesures de sécurité. Ces avis, bien entendu, sont transmis par les gouvernements cantonaux au ministère public, qui examinera s'il y a lieu d'engager une action pénale ; le Conseil fédéral traite ces avis comme les accidents de chemins de fer (article 33).

Dans la règle, la force majeure exempte de la responsabilité. De peur toutefois qu'il ne soit donné à la notion de force majeure une extension exagérée, on a spécifié les cas où l'exception de force majeure ne pourra être invoquée ; par exemple, lorsqu'un dommage

aura été causé par des installations défectueuses, c'est-à-dire ne répondant pas aux prescriptions édictées en conformité de la présente loi. Une minorité de la commission voulait aller plus loin et refusait de considérer comme des cas de force majeure les dommages causés par la foudre, les chutes de neige, les tempêtes, les glissements de terrains, les chutes de pierres ou l'inondation, attendu que c'était aux entreprises électriques de prendre des précautions suffisantes contre de pareils accidents. Nous sommes d'avis toutefois de regarder, dans certaines conditions, comme cas de force majeure les effets de ces phénomènes naturels. C'est au juge de décider, dans chaque circonstance, si les conditions requises sont remplies ; la foudre, en particulier, doit être considérée comme une force majeure contre laquelle il n'est pas de protection certaine. La minorité a estimé que la technique était en état de prendre des mesures excluant tout effet fâcheux des phénomènes naturels, que, par conséquent, on ne pouvait plus en principe considérer comme cas de force majeure le dommage occasionné par ces phénomènes, faute de mesures de protection suffisantes ; que, dans l'intérêt d'une jurisprudence sûre et uniforme, il fallait restreindre le plus possible par des prescriptions positives l'exception de force majeure (article 34).

L'article 35, déclarant les entreprises électriques responsables de leurs employés et ouvriers ; l'article 36, concernant le droit de recours des entreprises responsables contre les personnes auxquelles le dommage est imputable, et l'article 37, qui supprime la responsabilité à l'égard des personnes entrées sans autorisation en contact avec l'installation électrique, n'ont pas be-

soin d'explications particulières, car ils ne font que confirmer des principes déjà reconnus dans la législation sur la responsabilité civile.

En ce qui concerne la quotité des indemnités et la prescription des actions en indemnités, il n'y a pas lieu d'établir des dispositions particulières comme dans les autres lois sur la responsabilité civile; ce sont les dispositions du code fédéral des obligations qui font règle. Celles-ci, à bien des égards, sont plus favorables aux personnes à indemniser que les dispositions des lois sur la responsabilité. Il faut ici déclarer expressément que l'indemnité peut être fixée par le tribunal sous la forme d'un capital ou d'une rente annuelle; ce dernier mode d'indemnité conviendra souvent mieux à la personne lésée. D'autre part, il n'est pas juste que la loi sur la responsabilité des chemins de fer ne prévoie une revision du jugement qu'en faveur du blessé; ce n'est pas seulement l'aggravation mais aussi l'amélioration de son état qui doit pouvoir entraîner une revision du jugement (article 38).

Dans l'intérêt d'une prompte solution des demandes en indemnité, les cantons désigneront une instance unique; il pourra être interjeté appel de son jugement au tribunal fédéral sans avoir égard à la valeur de l'objet litigieux (article 39).

Les articles 40 et 41 appliquent les principes de la loi sur la responsabilité des chemins de fer. On y mentionne expressément la faculté par le tribunal fédéral d'ordonner une nouvelle enquête. Ici aussi la responsabilité vis-à-vis du tiers ne peut être exclue ou limitée d'avance par des conventions spéciales. En revanche, les entreprises électriques peuvent s'entendre d'avance sur la répartition entre elles de la responsabilité et

limiter par une convention avec leurs abonnés les réclamations de ceux-ci en cas de dommage causé à leur industrie par l'interruption du service de la ligne, etc.

Il faut observer encore que les dispositions de la loi sur la responsabilité civile des fabricants restent aussi en vigueur en ce qui concerne la responsabilité, pour les rapports des entreprises électriques avec leurs employés et ouvriers (article 42).

Les dispositions exceptionnelles de ce chapitre ne sont pas applicables aux installations intérieures; à cet égard, ce sont les prescriptions du code des obligations qui font règle. Pour les dangers à l'intérieur des maisons et de leurs dépendances, il ne semble pas nécessaire d'établir une responsabilité particulière plus sévère; les habitants sont familiarisés avec ces dangers et s'en préservent d'eux-mêmes (article 43).

VI. Expropriation.

Il faut faire remarquer d'abord que pour le droit d'expropriation concernant les installations télégraphiques et téléphoniques de l'administration fédérale des télégraphes, c'est l'article 12 de cette loi qui fait règle. Il est accordé aux autres installations à faible courant qui ont un but d'utilité publique, comme les lignes téléphoniques des conduites municipales de gaz ou d'eau, le droit d'expropriation octroyé aux installations à fort courant par la présente loi (article 44).

Pour les installations à fort courant ce sont les principes suivants qui font règle : si les installations électriques doivent se développer librement, il faut leur accorder le droit d'expropriation, car souvent les propriétaires fonciers opposent à l'établissement de lignes

électriques des difficultés injustifiées. L'importance de ces lignes pour le développement de l'industrie indigène autorise à leur donner tout l'appui possible dans la législation. Toutes les raisons qui militent pour la sollicitude de l'État en faveur de travaux hydrauliques profitables à l'industrie, sont également valables dans le domaine qui nous occupe. Les conduites électriques doivent souvent traverser le territoire de deux cantons ou plus ; il y a donc lieu pour cette raison déjà de régler le droit d'expropriation d'une manière uniforme pour toute la Suisse. En outre, certains cantons ne possèdent pas de lois sur l'expropriation ; dans d'autres, le droit d'expropriation dépend du bon plaisir des autorités cantonales, ou ne s'obtient pas sans des difficultés et des lenteurs considérables. Depuis que la législation sur l'ensemble du droit civil relève de la Confédération, on ne peut plus douter que cette dernière ne soit compétente pour édicter des dispositions relatives à l'expropriation. Précédemment, suivant la loi fédérale sur l'expropriation pour cause d'utilité publique du 1er mai 1850, la cession des droits de propriété n'était obligatoire que lorsque la Confédération faisait exécuter des travaux publics ou que l'application de ladite loi à d'autres travaux de cette nature était décrétée par l'Assemblée fédérale. Ce n'était pas le cas de toutes les installations électriques cantonales et communales, dont quelques-unes servaient à l'industrie, et encore moins des entreprises privées. Il n'eût pas suffi de reconnaître que ces ouvrages étaient d'utilité publique en ce qu'ils favorisent l'industrie indigène, pour leur donner le caractère de travaux publics.

Pour l'octroi du droit d'expropriation ce sont les principes suivants qui doivent faire règle.

1. Le droit d'expropriation peut être accordé pour les installations de transport et de distribution de l'énergie électrique. Il faut y ajouter les conduites téléphoniques privées qui sont nécessaires pour l'exploitation d'installations électriques. Il ne semble pas à propos d'étendre ce droit aux ouvrages destinés à produire l'énergie électrique; en tant qu'il s'agit d'installations hydrauliques à cet effet, il vaut mieux régler ce qui les concerne dans la législation sur les cours d'eau. Comme on sait, cette question a déjà été soulevée dans l'arrêté fédéral mentionné au début et proposée de nouveau à l'étude par une motion au Conseil national.

Mais en tant qu'il s'agit d'installations avec d'autres moteurs (machines motrices), il n'y a pas lieu d'édicter des prescriptions à leur égard, car ces installations ne sont point liées à une place déterminée; une autre raison encore de ne pas insérer de dispositions à ce sujet dans une loi fédérale, c'est que ces installations sont soumises aux lois cantonales sur les prescriptions de la police du feu, lesquelles décident ainsi de leur emplacement (article 45).

2. Le droit d'expropriation peut être accordé pour l'établissement de conduites électriques (aériennes et souterraines) avec leurs accessoires, et pour l'installation de stations de transformation avec leurs accessoires. Sont compris dans ces ouvrages, en ce qui concerne les conduites aériennes: la pose de poteaux, l'établissement de supports centraux et de colonnes téléphoniques (avec le droit d'accès), l'utilisation de l'espace libre pour les fils, des bâtiments pour y établir des points d'appui, le déboisement à l'intérieur ou à la lisière des forêts pour zones de protection; en ce qui concerne les conduites souterraines: l'établissement

de chambres souterraines des câbles (avec droit d'accès). Font partie des stations de transformation toutes les installations de nature technique qui sont nécessaires à leur exploitation et doivent être établies dans leur voisinage immédiat, ainsi que les maisons de garde, etc., si l'exploitation est ininterrompue (article 46).

3. Le droit d'expropriation peut être exercé tant à l'égard de la propriété privée qu'à l'égard du domaine des chemins de fer; en ce qui concerne ces derniers, toutefois, on ne peut faire valoir ce droit qu'autant que l'existence d'une installation à fort courant n'entrave ni ne compromet l'exploitation du chemin de fer et n'empêche pas l'installation de lignes télégraphiques et téléphoniques.

Les installations électriques ne peuvent prétendre à la cojouissance d'un terrain public qu'en respectant les autres buts auxquels ce terrain est destiné. Ceci n'exclut pas les perturbations apportées à la circulation par l'installation et l'entretien des câbles, la pose des poteaux, etc. La restriction de l'expropriation à l'égard des cantons et des communes se justifie par des raisons générales. Aux entreprises électriques peut être accordé aussi le droit de cojouissance du domaine public cantonal ou communal par voie d'expropriation. En revanche, les cantons et les communes doivent avoir la faculté d'interdire la distribution de l'énergie électrique sur leur territoire. Ce cas peut se présenter, quand ils possèdent eux-mêmes des installations électriques et ne veulent pas être forcés de tolérer une concurrence sur leur propre territoire (article 47).

4. Pour pouvoir engager la procédure d'expropriation, il faut qu'il existe un plan du tracé de la conduite

projetée, afin que les intéressés sachent exactement quelle est la partie de leur propriété que l'on se propose d'utiliser et qu'ils puissent faire valoir leurs objections en temps utile. Il faut désigner, en outre, l'autorité qui, en cas d'opposition, peut trancher le différend et fixer le tracé de la conduite. Cette fonction ne peut appartenir qu'au Conseil fédéral, qui prend l'avis, il est vrai, de la commission pour les installations électriques, afin qu'il soit tenu compte des raisons techniques. Les prescriptions de détail pour la présentation des plans seront fixées par un règlement d'exécution (articles 48, 51 et 52).

5. Comme le propriétaire de l'installation électrique et le propriétaire foncier s'accommodent souvent mieux d'une servitude permanente ou temporaire que d'une cession de propriété, il faut fournir à celui qui réclame l'expropriation, la possibilité, lors de la présentation des plans, de réclamer l'une ou l'autre. Dans le cas où des contestations s'élèveraient sur ce point, c'est au Conseil fédéral, lors de l'approbation des plans, de trancher la difficulté, sur la proposition de la commission pour les installations électriques. Les deux parties décideront d'un commun accord si la réparation du dommage qui pourra être causé aux cultures doit être comprise aussi dans l'expropriation. S'il n'est intervenu entre elles aucun arrangement à ce sujet, les demandes d'indemnité qui se produiront au cours de l'exploitation seront réglées, en cas de contestation, suivant la procédure ordinaire; celle-ci, étant donnée la modicité des sommes dont il s'agira, ne peut occasionner ni de grands frais ni une grande perte de temps (article 49).

6. La procédure d'expropriation doit avoir lieu en général conformément aux dispositions de la loi fédé-

rale du 1er mai 1850 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique. Pour simplifier toutefois et accélérer la procédure, on a prévu les modifications suivantes (articles 51 à 54 inclusivement).

a. En même temps que la présentation des plans au Conseil fédéral par l'entreprise de l'inspectorat des installations à fort courant, aura lieu, avec fixation d'un délai d'opposition, le dépôt des plans dans les communes, afin que chaque intéressé puisse en prendre connaissance.

b. La commission d'estimation sera convoquée à l'effet de discuter les demandes d'indemnité, après que le Conseil fédéral aura approuvé le projet en tenant compte des oppositions et consulté la commission pour les installations électriques.

c. Après l'approbation des plans, il peut être procédé à l'établissement de la conduite électrique, alors même que la procédure relative à l'estimation n'est pas encore terminée et que les indemnités ne sont pas payées. Toutefois, il y a lieu de fournir des garanties pour le paiement intégral de ces indemnités ; en cas de contestation, la commission d'estimation fixe le montant des garanties à fournir.

d. Il sera nommé pour chaque canton une commission d'estimation de trois membres. Le Tribunal fédéral, le Conseil fédéral et le gouvernement du canton intéressé nomment chacun un membre et ils désignent également deux suppléants pour chaque membre.

e. La décision de la commission d'estimation est définitive, sous réserve de recours au Tribunal fédéral dans le cas où la valeur du litige dépasse 2000 francs.

Il est entendu que la procédure d'expropriation ne doit pas occasionner plus de frais que n'en admet la

loi sur l'expropriation du 1er mai 1850; les frais de l'estimation sont à la charge de l'expropriant, sous réserve de la décision du Tribunal en cas de recours.

Grâce à ces simplifications, la procédure sera plus rapide que ne le permettent aujourd'hui les dispositions de la loi sur l'expropriation; c'est là un point auquel les intéressés attachent une importance toute particulière. C'est pour cette raison que le recours au Tribunal fédéral doit être limité aux cas où la valeur du litige dépasse 2000 francs.

VII. Dispositions pénales.

Le danger que présentent les installations électriques justifie l'établissement de dispositions pénales particulières aussi bien en vue de protéger ces installations et leur exploitation (articles 55 et 56) que pour assurer l'accomplissement des prescriptions concernant leur construction et leur exploitation (article 58). Les premières de ces dispositions doivent être de nature pénale et s'inspirent des prescriptions du code pénal fédéral concernant les atteintes portées à l'exploitation des chemins de fer et les dommages causés aux conduites télégraphiques. On ne peut pas trouver ces dispositions trop sévères, car elles ne sont applicables que lorsqu'il est prouvé qu'une faute a été commise.

Les contraventions aux ordres donnés par les autorités de contrôle sont punies disciplinairement, à moins que les dispositions pénales de l'article 55 ne soient applicables dans la circonstance. C'est le Conseil fédéral qui est chargé d'appliquer les peines disciplinaires; avant d'infliger une amende il prendra l'avis de la commission pour les installations électriques.

La loi fédérale du 26 juin 1889 concernant l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques est abrogée par le chapitre II de la présente loi.

Le dernier article contient la réserve ordinaire relative au referendum.

En vous remettant ci-joint le projet d'une loi fédérale concernant les installations électriques à faible et à fort courant, nous saisissons cette occasion, monsieur le président et messieurs, pour vous renouveler l'assurance de notre haute considération.

Berne, le 5 juin 1899.

Au nom du Conseil fédéral suisse,
Le président de la Confédération :
MÜLLER.
Le chancelier de la Confédération :
RINGIER.

Annexes :

1. Loi fédérale concernant les installations électriques à faible et à fort courant
2. Arrêté fédéral du Conseil fédéral du 7 juillet 1899 concernant les prescriptions générales sur les installations électriques (voir *Rec. off.*, nouv. série, XVII, p. 195).
3. Arrêté fédéral du Conseil fédéral du 7 juillet 1899, concernant les prescriptions pour l'établissement des conduites des chemins de fer électriques (voir *Rec. off.* nouv. série, XVII, p. 231).

(*A suivre.*)

CHRONIQUE

Communications télégraphiques aux Philippines.

Les lignes télégraphiques dans les îles Philippines sont beaucoup plus étendues qu'on ne le pense généralement. Il y en a dans l'archipel environ 3000 kilomètres, sous-marines ou aériennes.

Le câble de Manille à Iloilo passe à travers une mer parsemée d'îlots, et atterrit à un port appelé Capiz, sur la côte nord de l'île de Panay. De là part une ligne terrestre qui traverse l'île et aboutit à Iloilo. Une compagnie anglaise a posé le câble, mais elle dut en abandonner l'exploitation. Le réseau de câbles s'étend dans le sud jusqu'aux îles de Negros et Cebu. Des lignes terrestres relient les points d'atterrissement des câbles à diverses villes importantes.

Il existe 2 câbles de l'île de Luçon à Hong-Kong, l'un partant directement de Manille et l'autre partant de Bolinao sur la côte ouest de l'île. Cette dernière néanmoins est présentement abandonnée.

(*Journal of the Telegraph*, 20 avril 1899.)

Traitement électrique de la goutte.

Note de M. Th. Guilloz.

Un double problème thérapeutique s'impose si, avec M. Bouchard, on envisage la goutte comme une auto-intoxication consécutive à un ralentissement de la nutrition entraînant des altérations des tissus, particulièrement des join-

tures, reconnaissant pour cause immédiatement tangible un dépôt de composés uratiques.

Il convient d'augmenter l'activité nutritive des tissus en les poussant à accomplir, jusqu'à ses termes normaux, leur cycle trophique sans s'arrêter à des produits intermédiaires de désassimilation nuisibles par leur toxicité propre ou par leur insolubilité dans le milieu organique.

Il convient aussi de dissoudre et d'éliminer les déchets existants tout en favorisant, sans augmentation de la circulation locale, la réparation des désordres qu'ils ont déjà provoqués.

J'ai d'abord cherché, comme Edison, Labatut, une action locale par transport électrolytique de lithium au niveau des jointures atteintes, mais en employant des courants plus intenses allant jusqu'à 150 à 200 milliampères et passant pendant vingt à trente minutes. J'ai observé que les goutteux ainsi traités, sans changement dans leur régime, maigrissaient en même temps qu'ils accusaient une amélioration de leur état général. Pensant alors à une action trophique globale du courant continu, j'ai appliqué systématiquement ce courant à d'autres ralentis de nutrition, aux obèses. J'ai pu obtenir chez certains sujets, sans changement de régime alimentaire et dynamique, un amaigrissement allant de 10 à 15 kilogrammes avec une moyenne de 1 kilogramme par semaine. Les urines n'ont donné aucune augmentation de déchets azotés (dosages d'urée, d'azote total), ce qui prouve que le muscle n'est pas altéré et que le maigrissement se fait aux dépens des graisses et hydrocarbonés, preuve d'une nutrition suractivée.

J'ai examiné, et je reviendrai bientôt sur ce point : l'action des autres modalités électriques sur l'activité de la nutrition.

Je dirai seulement que, dans l'application des courants à haute fréquence, et en prenant l'obèse comme réactif, la méthode d'autoconduction de M. d'Arsonval m'a seule donné des résultats. Un obèse, qui avait maigri par le courant continu, engraissa sous l'action directe du courant à haute fréquence qui, au bout de quelques jours, fut même appliqué journellement pendant deux heures avec une intensité de 300 à 350 milliampères, mesurée par une lampe de 30 volts en série avec lui. Ce même malade diminua par les courants d'autoconduction, engraissa à nouveau quand il fut soumis

directement au courant à haute fréquence, diminua par les courants continus, etc.

Le traitement électrique de la goutte, tel que je l'ai appliqué à soixante-quinze malades, consiste en un transport électrolytique du lithium au niveau des jointures atteintes et dans l'application des courants de haute fréquence par autoconduction. L'action thérapeutique est locale (transport de lithium) et générale (augmentation de l'activité de nutrition). Celle-ci est due aux courants d'autoconduction, mais aussi à *l'action propre du courant continu intense* (150 à 200 milliampères, $d = 1$) et de longue durée qui sert de vecteur au médicament.

Les accès traités dans leur période aiguë avortent rapidement et ne laissent pas de reliquats après leur disparition. Les empâtements articulaires chroniques se dissipent après un nombre de séances variable de 4 à 5, de 25 à 30, à moins toutefois qu'ils ne s'accompagnent d'ostéite chronique, reconnaissable à la fluoroscopie par la teinte blanchâtre des régions atteintes de l'os.

Ce traitement n'apporte pas seulement aux douleurs un soulagement, à l'impotence des membres une restauration fonctionnelle plus ou moins complète; il modifie profondément l'état général. C'est ainsi que l'un des résultats les plus fréquents signalés par les goutteux chroniques consiste dans la bien moins grande durée et la moins grande douleur des accès qu'ils ont pu avoir après leur traitement.

Ce même traitement, appliqué à des cas de rhumatisme chronique déformant, n'a pas donné de résultats satisfaisants.

Enfin, des dosages des composés xantho-uriques (procédé Denigès), faits avant, pendant et après le traitement, n'ont pas montré de grandes variations dans l'élimination de l'acide urique, et il ne m'a pas été possible de rapporter les variations observées à quelque cause que ce soit.

(*Comptes rendus*, 1er mai 1899.)

Sur la capacité électrique des corps mauvais conducteurs.

Note de MM. J.-J. Borgman et A.-A. Petrovski.

Nous avons l'honneur de présenter à l'Académie quelques résultats de nos expériences touchant la capacité électrique des corps mauvais conducteurs (liquides et gaz raréfiés), faites d'après la méthode décrite dans notre communication précédente (*). Rappelons en quelques mots le principe de la méthode.

Le fil conducteur, attaché à l'une des bornes d'un ruhmkorff, dont l'autre borne communique à la terre, s'attache à une électrode, qu'on peut déplacer le long d'une gouttière horizontale (80 centimètres de longueur), creusée dans un bloc de paraffine et remplie d'eau. Les deux extrémités de cette gouttière sont munies d'électrodes en platine, communiquant avec les deux électrodes d'un tube de Geissler pour analyse spectrale. Quand on donne à l'électrode mobile une certaine position dans la gouttière, on remarque pendant l'action du ruhmkorff, au milieu de la partie effilée du tube de Geissler, un espace non illuminé très distinctement limité (un *nœud*). L'adjonction d'une capacité quelconque à l'une des électrodes du tube de Geissler provoque un déplacement du nœud dans la direction de cette électrode. Pour ramener le nœud dans sa position primitive, il faut adjoindre à l'autre électrode du tube une capacité égale à la première.

Remarquons qu'un nœud très distinct ne peut être obtenu que dans un tube Geissler *très bien raréfié*. Dans un tel tube, le nœud est court et tranché. Dans les tubes dont la raréfaction est moindre, le nœud est plus long et indistinctement limité.

Comme capacité variable, servant à compenser la capacité mesurée, nous nous servions dans nos expériences d'une colonne de mercure, contenue dans une burette dont l'extrémité inférieure était munie d'une électrode en platine. Cette burette était attachée à un tube vertical en verre fixé au milieu d'une tablette en paraffine, soutenue par trois longs pieds en tubes de verre paraffinés.

(*) *Comptes rendus*, t. CXXVIII, 1899, p. 420.

L'électrode de la burette communiquait, au moyen de deux petits godets remplis de mercure et d'un fil conducteur très fin, à l'une des électrodes du tube de Geissler. Nos expériences nous ont prouvé que la capacité de la colonne mercurielle contenue dans la burette était proportionnelle à la hauteur de la colonne. Dans la burette que nous employons (11 millimètres de diamètre, volume maximum de 50 centimètres cubes), 11 centimètres cubes de mercure ont une capacité égale à la capacité d'une sphère métallique d'un rayon de $2^{cm},35$. Une variation de la colonne mercurielle de 1 centimètre cube donnait déjà un déplacement très visible du nœud dans le tube de Geissler.

Nous avons fait des recherches sur la capacité de divers liquides, ainsi que sur la capacité de tubes remplis de gaz raréfiés (tubes de Geissler et de Lecher). Pour déterminer la capacité d'une colonne d'un liquide quelconque, nous en remplissions une burette égale à la burette décrite plus haut et fixée de la même manière. Pour déterminer la capacité d'un tube rempli d'un gaz raréfié, on attachait l'une des électrodes du tube [ou dans le cas d'un tube sans électrode (tube de Lecher), l'une des extrémités du tube enveloppée d'un morceau de papier d'étain] au fil conducteur venant d'une électrode du tube de Geissler, dans lequel se formait le nœud. Nos expériences, dans lesquelles les corps expérimentés étaient *soumis*, comme on le fait en général dans la mesure des capacités électriques, *à des électrisations alternatives*, nous ont donné les résultats suivants :

1. Les capacités de colonnes de liquides bons conducteurs ont la même grandeur que les capacités d'égales colonnes de mercure.

2. Les capacités de colonnes de liquides mauvais conducteurs sont autres en général que les capacités d'égales colonnes de mercure. Seulement pour de petites hauteurs des colonnes de liquides mauvais conducteurs, leur capacité est égale à la capacité des colonnes de mercure. Si l'on augmente la hauteur des colonnes de ces liquides, la représentation graphique des résultats montre que leur capacité va en croissant plus lentement que l'accroissement de la hauteur et s'approche asymptotiquement d'une valeur maximum.

3. Les colonnes de liquides isolants (éther desséché, xylol,

solution d'alcool dans de l'éther jusqu'à 22 parties d'alcool dans 100 parties de solution) ne donnent pas de capacité.

4. La capacité d'un tube contenant un gaz raréfié (tube de Geissler) va en croissant à mesure que la pression du gaz diminue. Mais cet accroissement va seulement jusqu'à une certaine limite, comme on le voit d'après ce fait qu'un tube de Crookes n'a qu'une capacité très petite, égale à la capacité de son électrode, et que le tube de Crookes ne s'illumine pas; tandis qu'un tube de Geissler s'illumine dans les mêmes conditions.

5. Dans de longs tubes cylindriques remplis de gaz raréfiés, le gaz dans les conditions nommées ne s'illumine pas tout le long du tube. Toutefois, la partie lumineuse de la colonne gazeuse croît, à mesure que la pression du gaz diminue, parallèlement à l'accroissement de la capacité.

6. La capacité de quelques tubes de Geissler réunis en série est moindre que la somme des capacités de ces tubes, mesurées à part. En général, l'annexion de nouveaux tubes à une série de tubes de Geissler provoque des accroissements de capacité de plus en plus petits. Tout ce qui est dit se rapporte aussi aux tubes sans électrodes.

7. Si l'on place à quelque distance d'un tube de Geissler, parallèlement à lui, un autre tube bien isolé, on ne remarque pas d'accroissement de capacité du premier tube; mais si l'on fait communiquer l'une des électrodes du second tube avec la terre, la capacité du premier tube s'accroît considérablement; dans ce cas, les deux tubes s'illuminent. Les mêmes faits s'observent aussi avec des tubes sans électrodes, quand on fait communiquer avec la terre l'extrémité du second tube sans électrodes, enveloppée dans un morceau de papier d'étain.

Nous avons aussi mesuré, d'après la méthode décrite, la capacité d'un anneau métallique, calculée par M. Boulgakoff, d'après les formules données par lui (*) et trouvée égale à 3,6; nos mesures ont donné une capacité égale à 3,8; mais il faut remarquer que, dans nos expériences, l'anneau n'était pas assez éloigné des corps conducteurs qui l'entouraient.

(*Comptes rendus*, 8 mai 1899.)

(*) *Journal de la Société physico-chimique*, t. XXX, 1898, p. 103.

Sur les aciers à aimants (*).

Note de M. F. Osmond.

La condition suffisante et nécessaire pour qu'un acier fondu puisse fournir un aimant permanent utilisable est que les points de transformation en soient amenés ou placés au-dessous de 350 degrés environ et au-dessus de la température la plus basse à laquelle le métal sera soumis.

Cette condition peut être réalisée de deux manières : 1° par la trempe pour les aciers à base de carbone; 2° par l'addition, en proportions convenables, de certains corps étrangers (Mn, Ni, Cr, Tu) qui, par eux-mêmes ou par leur action sur le carbone, abaissent suffisamment, pendant le refroidissement lent à partir d'une température suffisante, les points de transformation du fer.

Les aciers à aimants qui doivent leurs propriétés à la trempe, ont fait le sujet d'un travail étendu et très bien conduit de Mme Curie (**).

Les aciers du second groupe ont été moins étudiés. Ils sont représentés dans le Mémoire de Mme Curie par un type à 7,7 de tungstène; mais ce groupe comprend aussi les aciers de 10 à 25 environ de nickel, de 3,5 à 7,5 environ de manganèse, de 5 à 15 environ de chrome, en un mot tous les aciers qui prennent spontanément des propriétés analogues à celles des aciers trempés et que, pour cette raison, on appelle en anglais *self-hardening*, expression dont l'équivalent français serait à peu près *quasi-trempés*. Comme les aciers trempés, les aciers *quasi-trempés* possèdent en général un état dur et un état doux : ils prennent leur état dur quand on les laisse refroidir à partir d'une température supérieure à leurs points de transformation pendant le chauffage, et on les adoucit en les faisant *revenir* au-dessous de ces points de transformation.

L'étude d'un tel métal comporterait donc la double recherche du traitement qui donne les meilleures qualités magnétiques et de celui qui permet le travail mécanique d'ajustage. Mais les procédés d'adoucissement sont déjà con-

(*) Travail fait au Laboratoire de chimie générale de la Sorbonne.
(**) *Bulletin de la Société d'encouragement*, janvier 1898.

nus et c'est surtout le traitement pour aimants qui reste à déterminer.

Les échantillons examinés, empruntés aux collections de M. Hadfield, avaient respectivement les compositions et les dimensions indiquées dans le tableau suivant :

	C	Mn	Ni	Poids en grammes.	Longueur en millim.
1	0,23	0,93	15,48	10,670	36,7
2	0,19	0,93	19,64	11,285	38,5
3	0,16	1,00	24,51	12,345	37,6
4	0,45	4,00	»	11,135	39,2
5	0,32	5,67	»	11,754	39,2
6	0,46	7,80	»	11,616	39,6

Chacun de ces échantillons a été amené à son état dur par recuit au-dessus des points de transformation et refroidissement à température convenable, puis soumis à une série de revenus à des températures croissantes.

Après chaque opération et retour à la température ordinaire, la barrette était tâtée à la lime, aimantée sur un électro-aimant traversé par un courant de 5,5 ampères et présentée, en position constante, devant un magnétomètre à réflexion.

Les résultats des essais magnétiques sont réunis ci-dessous. Les colonnes des t indiquent, dans l'ordre suivi, les températures de chauffages successives. Les chiffres inscrits dans les colonnes d et d' sont les déviations brutes lues sur l'échelle, placée à 1 mètre en avant du magnétomètre, immédiatement après l'aimantation et après quinze minutes de repos.

Aciers nickel.

15,48 de Ni.			19,64 de Ni.			24,51 de Ni.		
t	*d*	*d'*	*t*	*d*	*a'*	*t*	*d*	*d'*
837	132,0	118,5	837	121,0	106,0	842	112,0	110,7
770	141,0	126,5	770	126,6	114,5	723	124,6	123,0
710	146,0	127,9	710	131,5	118,4	158	115,1	114,8
634	155,9	»	634	169,0	»	295	92,8	92,1
105	154,8	152,0	105	168,0	163,7	399	62,9	62,9
214	139,3	138,9	214	150,9	150,0	454	61,8	61,2
303	123,7	123,3	303	132,3	132,5	513	79,9	79,4
370	98,1	98,0	370	104,9	104,9	585	152,7	151,1
415	78,0	78,0	415	82,9	82,9	648	152,0	151,0
475	64,0	64,0	475	72,1	72,1			
514	64,8	64,5	514	78,4	78,0			
565	149,0	136,0	565	181,0	171,0			
603	164,0	149,8	603	175,0	165,5			

Aciers manganèse.

4,0 de Mn.			5,67 de Mn.			7,8 de Mn.		
t	*d*	*d'*	*t*	*d*	*d'*	*t*	*d*	*d'*
755	161,8	142,2	755	148,7	148,1	750	1,2	
—190	182,9	166,1	125	138,0	136,0	—190	151,9	144,0
125	164,3	162,5	355	135,0	123,2	157	163,2	163,2
355	70,3	69,1	594	165,0	153,5	315	177,0	176,4
594	95,5	93,5				479	182,9	182,0
						618	217,5	214,8
						—190	234,9	230,4
						594	205,9	205.9
						—190	210,0	209,4
						534	204,8	204,0

Comme terme de comparaison, une barrette similaire en acier de qualité usuelle pour aimants (0,73 de C, 0,71 de Mn, 3,47 de Tu : poids = 11,612 gr., longueur 39,5 mm.), trempée au rouge cerise dans l'eau a donné une déviation de 197,1 mm. réduite à 191 mm. après quinze minutes.

Parmi les nouveaux aciers étudiés, plusieurs se rapprochent de ce type et un d'eux le dépasse, du moins dans les conditions des essais.

Les aciers au nickel et l'acier à 4 de Mn. présentent un minimum de magnétisme rémanant qui coïncide pratiquement avec le minimum de dureté. Pour un de ces métaux, la formule de préparation sera donc la suivante :

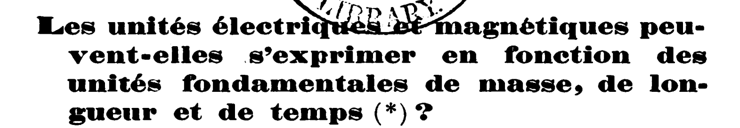
1° *Faire revenir*, après forgeage, un peu au-dessous des points de transformation; 2° ajuster; 3° recuire juste au-dessus des points de transformation pour obtenir le maximum d'intensité magnétique; 4° *faire revenir* vers 100 degrés pour rendre l'aimantation plus stable.

L'acier à 5,67 de Mn présente cette particularité que le minimum d'intensité magnétique est peu marqué; à l'état doux, cet acier donne encore des aimants passables.

L'acier à 7,8 de Mn refroidi deux fois dans l'air liquide et revenu au rouge très sombre après chaque refroidissement fournit des aimants remarquables; mais on ne peut pas l'adoucir notablement.

L'intérêt de ces aciers *quasi-trempés* pour la fabrication des aimants tient à cette double circonstance que la trempe est évitée et que les propriétés magnétiques sont constantes dans toute la masse. Ces propriétés mériteraient l'attention des physiciens.

(*Comptes rendus*, 12 juin 1899.)



Les unités électriques et magnétiques peuvent-elles s'exprimer en fonction des unités fondamentales de masse, de longueur et de temps (*) ?

M. Schreber (*Wied. Ann.*, t. LXVIII, p. 609-614) trouve qu'il est impossible d'exprimer les unités électriques et magnétiques en fonction des unités fondamentales de masse, de longueur et de temps.

La définition actuelle des unités électriques et magnétiques repose sur quatre formules, empruntées à l'expérience. Les quatre expériences consistent à équilibrer les forces électriques, magnétiques, électromagnétiques et électrodynamiques par des forces mécaniques. On arrive ainsi aux formules

$$F = K_1 \frac{mm'}{r^2},$$

$$F = K_2 \frac{\mu\mu'}{r^2},$$

$$F = K_3 \frac{\mu i ds}{r^2},$$

$$F = K_4 \frac{ii' ds ds'}{r^2},$$

trop connues pour qu'il soit nécessaire de rappeler la signification des lettres qui y figurent. L'intensité i d'un courant est définie comme le quotient d'une quantité d'électricité m par un temps t

$$i = \frac{m}{t}.$$

De ces cinq équations on déduit d'abord :

$$m = r\sqrt{\frac{F}{K_1}}, \quad \mu = r\sqrt{\frac{F}{K_2}}, \quad i = \frac{r}{t}\sqrt{\frac{F}{K_1}},$$

et ensuite :

$$K_1 = K_4 v^2,$$
$$K_2 K_4 = K_3^2,$$

(*) Voir *Annales télégraphiques*, année 1883, janvier-février, page 5 : Sur les unités électriques et magnétiques, par MM. E. Mercadier et Vaschy. (N. d. C. d. R.)

où $v = \frac{r}{t}$ a les dimensions d'une vitesse; c'est d'ailleurs la vitesse dite critique, déterminée par Rowland. On ne dispose donc que de deux équations pour déterminer les quatre facteurs K_1 K_2 K_3 K_4. Un tel système n'a pas de solution et par conséquent il est impossible de ramener les unités électriques et magnétiques aux unités fondamentales.

Cette conclusion négative n'est pas en contradiction avec l'existence des divers systèmes d'unités en usage. On obtient en effet ces systèmes en imposant *arbitrairement* deux autres conditions aux facteurs K_1, etc., conditions choisies de manière à simplifier les formules usuelles.

Le système électromagnétique s'obtient en prenant

$$K_2 = K_3 = 1.$$

Le système électrostatique en prenant

$$K_2 = K_3 \quad K_1 = 1.$$

Helmholtz a posé

$$K_2 = 1 \quad K_1 = 1.$$

Enfin Maxwell a choisi

$$K_2 = v^2 \quad K_1 = 1, \text{ etc.}$$

Il est aussi légitime de s'imposer d'autres conditions : par exemple, comme M. Joubin et M. Lodge, $K_3 = 1$, de manière à obtenir des formules de dimensions sans exposant fractionnaire pour la masse.

Par les mêmes procédés, on peut arriver aux systèmes absurdes :

$$[\mu] = [L] \quad [m] = [T] \quad [\mu] = [T],$$
$$[\mu] = [M] \quad [m] = [L] \quad [m] = [M].$$

Le vice évident de la démonstration consiste à donner du système de deux équations à quatre inconnues une solution qui est mathématiquement impossible.

Il est à remarquer d'ailleurs que ceci n'atteint en rien la valeur pratique des systèmes en usage.

M. L.

(*L'Éclairage Électrique*, t. XX, 12 août 1899.)

Tramways électriques de Québec (Canada).

Le *Street Railway Journal*, du mois d'août, contient un article sur les tramways électriques de Québec.

Ces tramways présentent trois points caractéristiques: la roideur des pentes, parcourues toutes sans l'emploi de la crémaillère; la quantité de neige contre laquelle on a à lutter pendant l'hiver; et, enfin, l'utilisation pour la production de la force motrice d'une chute d'eau située à 11 kilomètres.

La ville de Québec est construite de telle sorte que la ville haute est à une altitude de 100 mètres au-dessus de la ville basse. Les deux parties de la ville ont été reliées par deux lignes de tramways : l'une est établie sur un viaduc métallique dont la pente est en général de 7 pour 100, sauf au sommet où, sur une longueur de 100 mètres, elle est de 11 pour 100; l'autre ligne suit une rue où la rampe la plus forte est de 14,15 pour 100, avec, au point le plus élevé, une courbe de 12^{m},20 de rayon. Les voitures sont munies d'un simple frein à main, et ne comportent aucun dispositif particulier de sûreté ; à la descente, on limite la vitesse à 6^{km},4 par heure.

Les voitures ont 8^{m},50 de longueur; chacune d'elles a des sièges pour trente voyageurs et pèse environ 8 tonnes.

Chaque voiture est pourvue de deux moteurs de 30 chevaux; pour monter la rampe de 14,15 pour 100, il faut, en été, 65 ampères et 120 volts, sauf dans les courbes où il faut une intensité de 130 ampères; en hiver, les intensités sont respectivement de 100 et de 195 ampères. La consommation moyenne de force motrice est, en été, de 8,3 kilowatts par voiture-kilomètre; en moyenne, pour toute l'année, elle est de 9,5 kilowatts. Chaque voiture parcourt environ 174 kilomètres par jour. Elles sont chauffées à l'électricité. Les roues des voitures ont 0^{m},84 de diamètre; elles sont en fonte et ont une durée moyenne de 39 400 kilomètres.

La chute de neige est très considérable à Québec; l'hiver dernier, elle a été de 3^{m},05, dont 1^{m},30 pendant le mois de mars seulement. Le service des tramways n'a cependant pas été interrompu; la Compagnie possède, en effet, six machines à balayer la neige, pourvues chacune de deux moteurs de 30 chevaux, servant à assurer leur translation, et d'un troisième moteur, de même puissance, pour actionner les balais. Elle emploie, en outre, plusieurs traîneaux et des

charrues à neige traînées par des chevaux. Les machines à balayer exigent souvent 230 ampères.

La force motrice est produite aux chutes de Montmorency (*) où la chute d'eau a une hauteur utile d'environ 60 mètres. Il y a quatre turbines de 1000 chevaux actionnant chacune un alternateur diphasé de 600 kilowatts à 66 cycles par seconde. Le courant est transmis à la station secondaire à la tension de 5000 volts, et transformé en courant continu par l'intermédiaire d'un convertisseur rotatif de 450 kilowatts à 6 pôles.

La Compagnie des tramways possède 29 kilomètres de lignes, toutes en rails Vignole. Elle a l'intention de transformer en ligne électrique une autre ligne de 30 kilomètres de longueur qu'elle a jusqu'ici exploitée par la vapeur.

(*Le Génie civil*, 2 septembre 1899.)

BIBLIOGRAPHIE

Die Sicherungen von schwach ünd Starkstromanlagen, par Friedrich Neesen. Brunswick, Vieweg et fils, éditeurs.

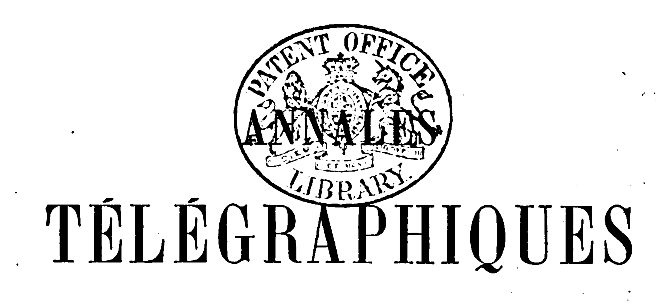
Le Dr Frédéric Neesen, dans ce petit volume de 120 pages, passe en revue les modèles de paratonnerres proposés pour préserver contre les effets de l'électricité atmosphérique les installations électriques à courants forts ou faibles. L'ouvrage, presque entièrement descriptif et bien illustré, est fort intéressant par la quantité de renseignements, jusque-là épars, qu'il réunit. De constants renvois permettent de se reporter pour chaque appareil à la publication originale.

(*) Voir *Le Génie civil*, t. XXXV, n° 11, p. 179.

20·2·00

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod.

41.648. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1899. **Novembre - Décembre**

CAISSE PORTATIVE UNIVERSELLE

POUR MESURES ÉLECTRIQUES

DE MM. CHAUVIN ET ARNOUX

18·4·00

L'emploi des appareils de mesure électrique a, aujourd'hui, quitté le domaine du laboratoire, pour entrer dans le domaine industriel.

Pour répondre à cette nouvelle utilisation, les constructeurs d'appareils de mesure se sont ingéniés à combiner des dispositifs réunissant, sous un petit volume et avec un nombre d'organes très limité toutes les combinaisons de circuits indispensables.

L'appareil de MM. Chauvin et Arnoux, que nous nous proposons de décrire, répond précisément à ce but. Il constitue à lui seul un laboratoire complet pour courants continus, d'un maniement commode, et qui permet d'étalonner avec exactitude les ampèremètres,

voltmètres, compteurs d'énergie électrique, etc., et mesurer, en outre, toutes sortes de résistances ohmiques.

L'appareil, entièrement enfermé dans une boite en bois permettant un transport facile, comprend (*fig.* 1):

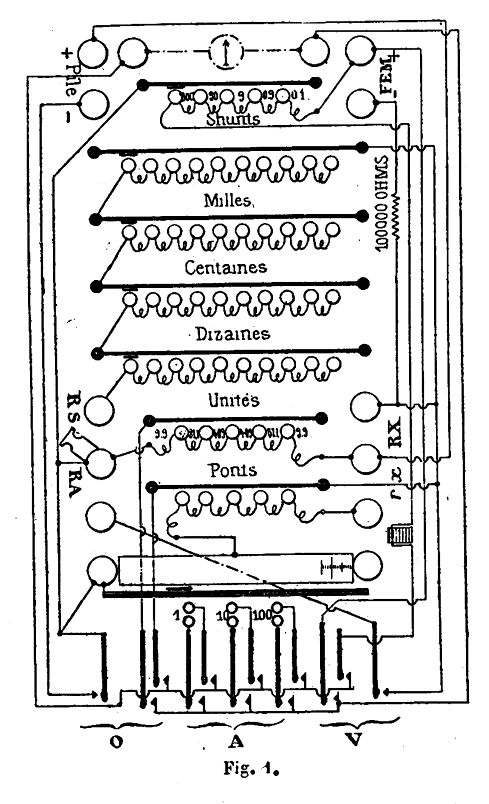


Fig. 1.

1° Un pont double de Thomson pour la mesure des faibles résistances.

2° Un pont de Wheatstone avec quatre séries de résistances étalonnées en ohms légaux de 1 ω à 9999 ω et disposées en décades. Une branche de proportion à

résistance totale constante est divisée en résistances partielles, de telle manière que le simple déplacement d'un curseur donne les rapports 100, 10, 1, 1/10, 1/100, nécessaires pour effectuer les mesures de résistances comprises entre $1^{\omega} \times 1/100$ et $9999^{\omega} \times 100$.

3° Un shunt de galvanomètre, dit réducteur universel, permettant de faire varier la sensibilité du galvanomètre suivant cinq rapports 1, 1/10, 1/100, $1/10^3$, $1/10^4$. Le shunt se compose de cinq bobines en série ayant une résistance totale de 1000^{ω} et comme résistances partielles 900^{ω}, 90^{ω}, 9^{ω}, $0^{\omega},9$, $0^{\omega}.1$.

Pour que ces shunts soient applicables à tous les galvanomètres, une résistance de tarage est, à la construction, ajoutée à ceux-ci.

4° Un galvanomètre à cadre mobile et à miroir, analogue au galvanomètre d'Arsonval, est suspendu dans le couvercle de la caisse. La suspension, à la cardan, donne une position parfaitement verticale au galvanomètre, lors même que la boite n'est pas placée sur un plan absolument horizontal.

Un trait vertical est gravé sur le miroir.

5° Trois shunts, employés pour les mesures de grande intensité (jusqu'à 300 ampères), sont logés dans le couvercle, ils sont accompagnés de cordons souples, terminés par des broches coniques, permettant de les relier à des plots, placés sur le côté droit de la caisse.

6° Une règle de 30 centimètres de longueur, divisée en 300 divisions et portant deux graduations, l'une au-dessus, l'autre au-dessous des divisions. Cette règle est susceptible de glisser dans une coulisse fixée à une des extrémités d'une tige, dont l'autre extrémité

sera, pendant les opérations, engagée dans la gâche de la serrure spéciale de la caisse.

La partie supérieure de la coulisse est munie d'une double pinnule, qui permet de déterminer une ligne de visée avec le trait gravé sur le miroir du galvanomètre. Sur le devant de la caisse, et bien à portée de l'opérateur, sont disposés sept boutons pouvant effectuer, par une simple pression, toutes les liaisons intérieures nécessaires aux différentes mesures.

Les deux boutons extrêmes de gauche sont marqués Ohms; les trois suivants sont marqués Ampères; les deux derniers à droite sont marqués Volts.

Pour éviter l'emploi de fiches, toujours susceptibles d'être perdues ou de donner un mauvais contact, les constructeurs établissent toutes leurs prises de courant au moyen de curseurs glissant sous une barrette maintenue par des ressorts. Chaque curseur porte un bouton en ivoire qui sert à le manœuvrer.

Des bornes, placées sur les bords de la plaque isolante formant le dessus de l'appareil, reçoivent les fils de secours; près de chacune d'elles, des lettres, venues au moulage, rappellent d'une façon abréviative les connexions qui doivent y aboutir.

Méthode opératoire. — Avant d'effectuer une mesure, il convient de placer la caisse dans la position convenable et d'amener au zéro de l'échelle l'image du trait réticulaire du galvanomètre.

L'appareil sera mis sur un support sensiblement horizontal et disposé de façon que l'échelle soit vivement éclairée, le galvanomètre restant dans l'ombre; on peut se servir de la lumière du jour ou d'une source lumineuse quelconque.

La caisse étant ouverte, le couvercle se place naturellement dans la position verticale; on relève alors la planchette qui maintenait le galvanomètre et celui-ci, grâce à sa suspension à la cardan, se met de lui-même dans les conditions de verticalité qui lui sont indispensables.

On aura toujours soin de s'assurer que le cadre est parfaitement libre d'osciller à l'intérieur de l'aimant, et cette condition sera toujours remplie, si la caisse est posée horizontalement.

Lorsque le galvanomètre a été libéré, on met son échelle en place en engageant l'extrémité carrée du support dans la gâche de la serrure; la hauteur de la coulisse est ensuite réglée en observant par les fentes des pinnules l'image vue par réflexion. Enfin, on agit sur la tête de torsion placée à la partie supérieure du galvanomètre de façon que l'image du trait réticulaire vienne coïncider sur l'un des zéros de l'échelle (zéro central pour les mesures de réduction à zéro et zéro de gauche pour mesures par lecture directe).

On obtient une coïncidence rigoureuse en faisant glisser l'échelle dans la coulisse.

Il est à remarquer que les divisions n'étant pas égales, on ne pourrait, à moins de s'exposer à des erreurs notables, partir d'un zéro fictif, comme on le fait souvent dans les appareils de mesures ordinaires.

Mesures des faibles résistances. Résistivité des échantillons de faible longueur. — L'emploi du pont double de Thomson monté dans la caisse permet la mesure par réduction à zéro des résistances comprises entre 0,1 microhm et 0,1 ohm.

La figure 2 donne le montage schématique de

l'installation et la figure 3 représente la partie de la caisse qui est utilisée pour cette mesure.

Les circuits sont montés dans l'ordre suivant : la tige de maillechort, Rm, reliée par son extrémité droite à la résistance à mesurer Rx; l'autre extrémité de Rx est reliée à une source électrique pouvant débiter un courant constant d'au moins 1 ampère pendant le temps de la mesure ; le pôle libre du générateur est réuni à l'extrémité gauche de la tige de maillechort Rm.

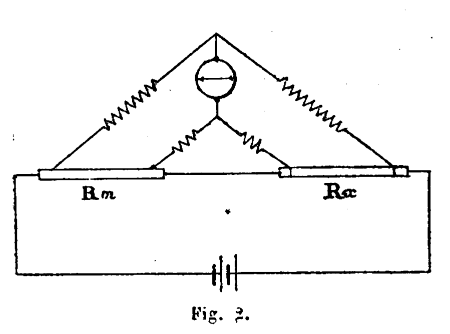


Fig. 2.

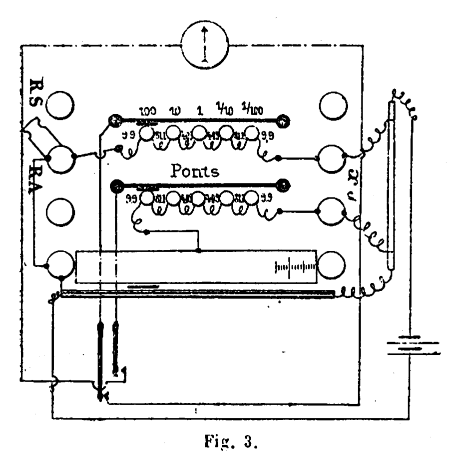


Fig. 3.

Pour prendre communication avec cette tige on se sert des bornes, à emmanchures coniques, qui sont placées dans le couvercle de la caisse; elles sont terminées par des vis moletées sous lesquelles peuvent être serrés les fils de secours venant du générateur ou allant à la résistance à mesurer.

Ce premier circuit étant établi, on relie sans croisement de fils, et par des conducteurs aussi peu résis-

tants que possible, les bornes marquées rx aux deux points qui comprennent la résistance à déterminer, ces points se trouvant, bien entendu, entre l'entrée et la sortie du courant sur la résistance Rx.

Les communications étant disposées comme nous venons de l'indiquer, les deux curseurs des branches de proportion marqués PONTS sont placés à la même hauteur, c'est-à-dire sur les mêmes plots, correspondant au rapport choisi pour effectuer la mesure.

Il suffit dès lors d'appuyer avec la main gauche sur le bouton marqué GALV, de la rubrique OHMS, tandis qu'avec la main droite on fait glisser le curseur cubique sur la tige de maillechort, jusqu'au moment où le galvanomètre est ramené au zéro.

Pour donner plus de précision à la mesure, on doit toujours employer le rapport qui donne la plus grande lecture sur la règle.

La valeur, en microhms légaux, de la résistance rx, s'obtient en multipliant le chiffre de la déviation par le rapport employé et par le coefficient de tarage de la tige; ce dernier est poinçonné sur le curseur cubique.

D'une manière générale, il est indispensable lorsqu'on se sert d'un des circuits de la caisse universelle, d'isoler tous les autres. On s'assurera, en conséquence, qu'aucun autre fil n'est resté attaché aux bornes non utilisées, et en particulier que la barrette en cuivre ne réunit pas les bornes RA et RS du côté gauche de la boîte.

Mesure des résistances moyennes. — Ces mesures s'effectuent à l'aide du Pont de Wheatstone à décades et peuvent porter sur les valeurs comprises entre

0,1 ohm et 999 900 ohms. On pourrait atteindre des valeurs plus grandes, en ajoutant une caisse supplémentaire, mais cette installation n'aurait d'intérêt que pour vérifier les mesures de grande résistance, faites par comparaison comme nous le verrons plus loin.

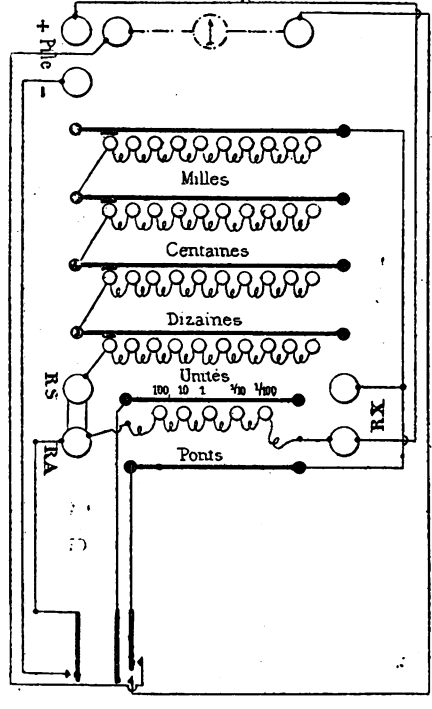


Fig. 4.

La source électrique se compose de 2 à 10 éléments Leclanché ou toute autre source équivalente.

Les figures 4 et 5 donnent le montage à suivre : la pile est attachée aux bornes + PILE — en observant les signes; la résistance à mesurer est comprise entre les bornes RX; la barrette en cuivre relie les bornes RA et RS, ou bien on réunit ces dernières par une résistance supplémentaire si les résistances des décades sont insuffisantes; enfin, on enlève le curseur cubique de la règle de maillechort.

Pour effectuer la mesure, le curseur du premier pont, *celui qui est situé du côté des décades*, est tout

d'abord placé sur le plot correspondant au rapport adopté. On agit ensuite sur les différents curseurs des décades, jusqu'à ce que le galvanomètre ne dévie plus lorsqu'on appuie sur les deux boutons PILE et GALV, de la rubrique OHMS.

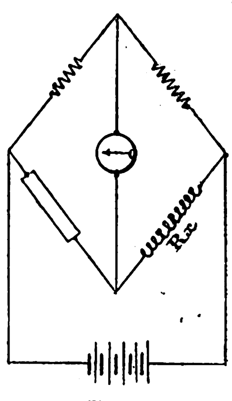


Fig. 5.

Rappelons en passant qu'il faut toujours appuyer sur le bouton de galvanomètre lorsque les résistances ont de la capacité ou de la self-induction, ce qui est le cas le plus usuel.

Le produit du nombre composé avec les curseurs des décades, par le rapport employé sur le pont donne en ohms légaux la valeur de la résistance X.

Mesure des grandes résistances. Résistances d'isolement. — Les mesures d'isolement, comprises entre 10 000 ohms et 300 mégohms, s'effectuent par la méthode des comparaisons successives, en utilisant une résistance de 100 000 ohms montée sur un circuit à l'intérieur de la caisse.

Le réticule du galvanomètre doit tout d'abord être ramené au zéro, placé à l'extrémité gauche de l'échelle, en opérant comme nous l'avons dit précédemment.

La source électrique à employer doit être parfaitement isolée; sa force électro-motrice sera comprise entre 20 et 200 volts et elle ne devra pas se polariser pendant le temps très court de la mesure. Elle est réunie aux bornes + FEM — en observant les signes.

Le curseur de la rangée SHUNTS sera mis sur le

plot 10^4, ce qui correspond à la sensibilité minima du galvanomètre, et la barrette de cuivre réunira les deux bornes RA.

En appuyant sur les boutons FEM et GALV de la rubrique VOLTS, le galvanomètre dévie vers la droite

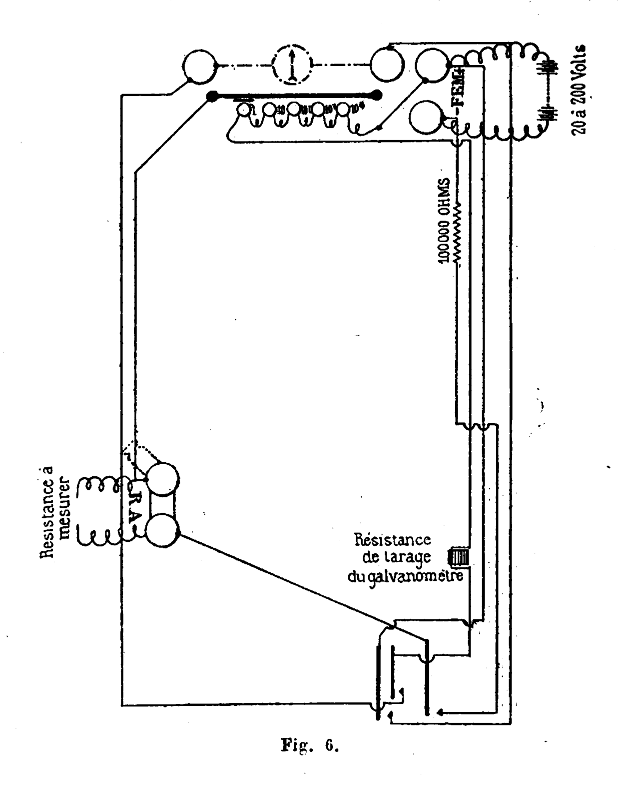


Fig. 6.

d'un certain nombre de divisions. Si ce nombre est inférieur à 200, on augmente la sensibilité en poussant le curseur des shunts vers la droite et, au besoin, en faisant varier la pile.

On note la déviation du galv (D), et le shunt employé (S). Ceci fait, on enlève la barrette et on inter-

cale entre les bornes RA la résistance à mesurer, X, la bobine de 100000 ohms, r, restant toujours dans le circuit (*fig.* 6 et 7).

En opérant comme précédemment on trouve, pour $r+X$, une déviation D′ avec un nouveau shunt S′, celui-ci étant choisi de manière que D′ soit le plus grand possible.

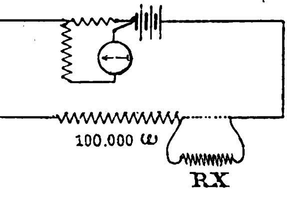


Fig. 7.

La résistance est donnée par la formule :

$$X = r\left(\frac{DS}{D'S'} - 1\right).$$

Si le shunt n'a pas été changé, la formule se réduit à

$$X = r\left(\frac{D}{D'} - 1\right).$$

Mesure des intensités de courant. — La caisse universelle permet de mesurer toutes les intensités comprises entre 1 microampère et 300 ampères.

Il y a deux cas à considérer, suivant que l'intensité est inférieure ou supérieure à 0,3 ampère.

Intensités de 0,0000001 *à* 0,3 *ampère.* — Cette mesure s'effectue en utilisant le réducteur du galvanomètre.

Comme dans l'opération précédente, on ramène d'abord le galvanomètre au zéro placé à l'extrémité gauche de l'échelle, on réunit par la barrette les bornes RA, puis on pousse le curseur du réducteur à droite et on intercale la caisse de mesure dans le circuit à l'aide des deux bornes + (de FEM) et X (de RX) (*fig.* 8 et 9). En appuyant sur les deux boutons de la

rubrique VOLTS, le galvanomètre dévie et on note la grandeur de cette déviation.

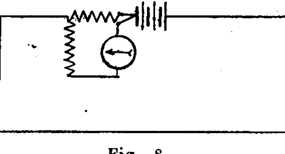


Fig. 8.

L'appareil a été étalonné de la manière suivante : lorsque le curseur du réducteur est placé sur le plot marqué :

10^4	on a	0,001	ampère pour chaque division de l'échelle.	
10^3	—	0,0001	—	—
100	—	0,00001	—	—
10	—	0,000001	—	—
1	—	0,0000001	—	—

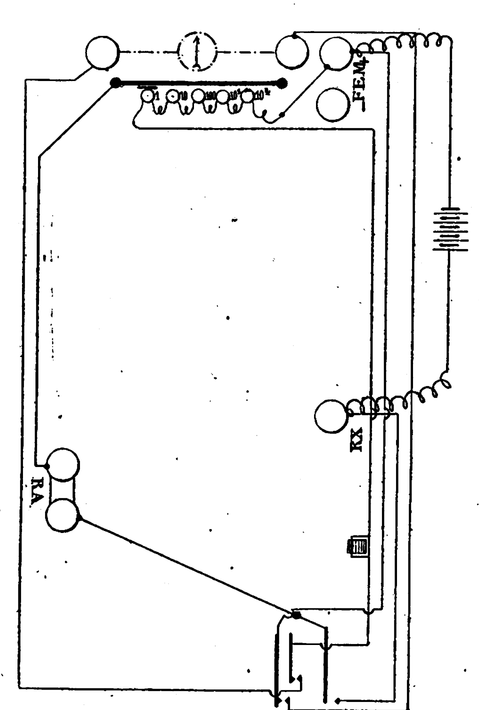


Fig. 9.

Il faut choisir la sensibilité la plus favorable, c'est-à-dire celle qui donne la plus grande élongation, mais pour y arriver on devra toujours commencer par mettre le curseur sur le shunt 10^4, et ensuite le pousser de droite à gauche.

En ne prenant pas ces précautions, on risquerait de

faire passer dans le galvanomètre un courant trop fort, ce qui pourrait amener la rupture du fil de suspension.

Intensités de 0 *à* 300 *ampères.* — Pour la mesure de ces intensités, il faut employer l'un des trois shunts contenus dans le couvercle de la boîte ; ils jouent le même rôle que le réducteur dans les précédents essais.

Les shunts sont reliés à la caisse par l'intermédiaire des deux cordons souples aboutissant, d'une part, aux deux extrémités du shunt, et d'autre part, aux deux prises de courant placées sur le côté droit de la caisse et portant le même nombre 1, 10 ou 100 que le shunt employé.

En appuyant sur l'un des trois boutons marqués 1, 10 ou 100 de la rubrique AMPÈRES, on obtient la déviation du galvanomètre.

Avec le shunt	1,	chaque division de l'échelle	vaut	0,01	ampère.
—	10	—	—	0,1	—
—	100	—	—	1	—

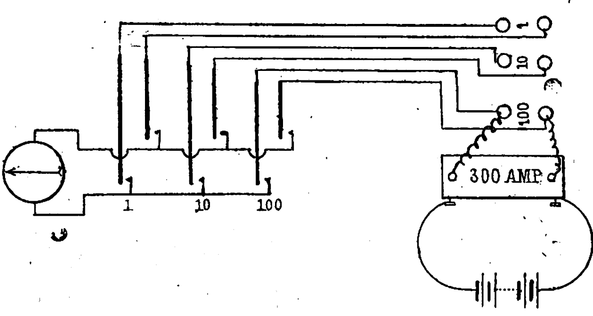


Fig. 10.

Le circuit sur lequel on opère est relié directement aux bornes du shunt comme l'indique la figure 10.

Mesure des forces électromotrices. — Cette mesure

s'effectue, comme celle des intensités, par déviation directe du galvanomètre.

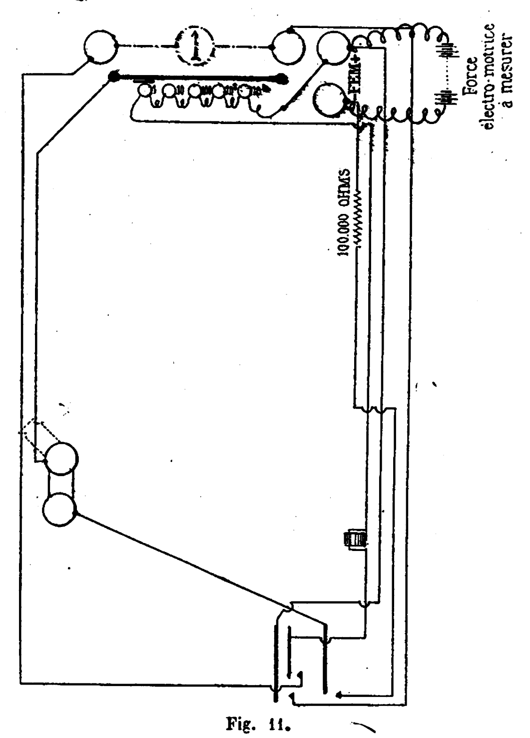


Fig. 11.

Le curseur du réducteur étant sur le dernier plot à droite, on relie par la barrette les deux bornes RA, puis aux deux bornes + FEM — on amène les fils du circuit contenant la force électromotrice à mesurer (*fig.* 11 et 12).

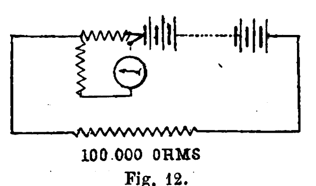


Fig. 12.

En appuyant sur les deux boutons du clavier, marqués GALV et FEM de la rubrique VOLTS, le galvanomètre dévie.

Par construction, le curseur du réducteur étant placé sur le plot marqué :

1	chaque division de	l'échelle vaut	0,01	volt.
10	—	—	0,1	—
100	—	—	1	—

ce qui correspond pour l'étendue de l'échelle à une force électromotrice de 300 volts.

Il est très important de ne pas dépasser ce chiffre dans les mesures, car la résistance de 100000 ohms n'est pas faite pour supporter un courant supérieur à 3 milliampères.

Lorsqu'on doit faire des mesures consécutives de force électromotrice et d'intensité dans un même circuit, il faut avoir soin de relier directement la borne + de FEM au shunt utilisé pour la mesure de l'intensité, la borne — recevant le deuxième fil de force électromotrice à mesurer, et placer tous les shunts utilisés du même côté dans ce circuit.

G. Dubreuil.



LÉGISLATION SUISSE

SUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

A FAIBLE OU A FORT COURANT

Suite (*)

LOI FÉDÉRALE
CONCERNANT LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES
A FAIBLE ET A FORT COURANT (JUIN 1899).

L'ASSEMBLÉE FÉDÉRALE DE LA CONFÉDÉRATION SUISSE,

En application des articles 26, 36, 64 et 64bis de la constitution fédérale,

Vu le message du Conseil fédéral du 5 juin,

décrète:

I. Dispositions générales.

Art. 1er. L'établissement et l'exploitation des installations électriques à faible et à fort courant spécifiées

(*) Voir *Annales télégraphiques,* t. XXV, 1899, p. 415.

aux articles 3 et 13 sont soumis à la haute surveillance de la Confédération. Ces installations doivent être exécutées suivant les prescriptions édictées par le Conseil fédéral.

Art. 2. Sont considérées comme installations à faible courant celles qui n'utilisent que des courants sans danger pour les personnes ou les choses.

Sont considérées comme installations à fort courant celles qui présentent ou utilisent des courants pouvant, dans certaines circonstances, offrir du danger pour les personnes ou les choses.

Lorsqu'il y a des doutes sur la question de savoir si une installation électrique doit être considérée comme installation à faible courant ou comme installation à fort courant dans le sens de la présente loi, le Conseil fédéral décide en dernière instance, après avoir pris l'avis de la commission prévue à l'article 20.

II. Installations électriques a faible courant.

Art. 3. Sont soumises aux prescriptions de la présente loi toutes les installations électriques à faible courant qui empruntent le domaine public ou celui des compagnies de chemins de fer, ou qui, par suite de la proximité d'installations électriques à fort courant, peuvent causer des perturbations d'exploitation ou présenter des dangers.

Les installations à faible courant, à l'exception des lignes de téléphones publiques, peuvent utiliser la terre comme conduite de retour.

Art. 4. La Confédération a le droit de disposer gratuitement des places, rues, routes et sentiers, cours d'eau, canaux, lacs et rives, faisant partie du domaine

public, pour l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes et souterraines, en respectant toutefois le but auquel le domaine public est destiné. Elle ne paiera d'indemnités que pour les dommages que la construction et l'entretien pourraient occasionner.

Art. 5. La Confédération a, sous les mêmes conditions, le droit de faire passer, sans indemnité, des fils télégraphiques et téléphoniques au-dessus des propriétés privées, pourvu que ces installations ne nuisent pas à l'usage auquel sont destinés les terrains ou bâtiments au-dessus desquels ces fils sont tendus.

Art. 6. Avant d'établir ces lignes (articles 4 et 5), l'administration fédérale s'entendra avec les autorités ou les particuliers intéressés. Elle tiendra compte de leurs demandes dans la mesure compatible avec l'exécution des travaux. Les conduites et canaux souterrains existant déjà devront être ménagés autant que possible.

Le Conseil fédéral décide en cas de conflits entre l'administration fédérale et les autorités ou particuliers sur les conditions d'installation des lignes, et cela dans les limites des articles 4 et 5 ci-dessus. Dans les cas importants il devra, sur la demande des intéressés, prendre l'avis de la commission prévue à l'article 20.

Art. 7. Les branches d'arbres menaçant la sécurité ou l'emploi d'une ligne établie par la Confédération doivent être enlevées par le propriétaire de l'arbre.

L'administration fait aviser le propriétaire par l'entremise de l'autorité locale. Elle est autorisée à procéder elle-même à l'enlèvement s'il n'est pas satisfait à sa demande dans le délai de huit jours après communication officielle.

Le gouvernement cantonal désignera l'autorité

locale chargée de décider sur les indemnités à payer lorsqu'une entente amiable n'aura pu intervenir.

Art. 8. Si le propriétaire d'un immeuble utilisé en vertu des articles 4 et 5 ci-dessus a l'intention d'en disposer d'une manière nécessitant un changement ou l'enlèvement de la ligne électrique, il adressera une sommation écrite à l'administration fédérale, laquelle devra procéder au changement nécessaire ou à l'enlèvement de la ligne.

Si les travaux qui ont provoqué la sommation ne sont pas exécutés dans le délai d'une année à partir du changement ou de l'enlèvement de la ligne, l'administration fédérale aura droit, le cas échéant, au remboursement des frais effectués.

Art. 9. La Confédération a le droit d'établir gratuitement, sur le domaine des compagnies de chemins de fer, des lignes télégraphiques et téléphoniques ou d'ajouter des fils spéciaux de téléphone aux lignes actuelles des télégraphes de l'État sur ledit domaine, à condition qu'il n'en puisse résulter un préjudice pour l'exploitation du chemin de fer, y compris l'exploitation électrique, ainsi que pour l'utilisation de la propriété de la compagnie et des installations existantes assurant la sécurité de l'exploitation.

La Confédération supporte le dommage que l'établissement ou l'entretien d'une installation télégraphique ou téléphonique publique occasionne à une Compagnie de chemin de fer.

Art. 10. L'administration fédérale doit faire procéder à ses frais au transfert des installations télégraphiques et téléphoniques publiques qui feraient obstacle à l'établissement ou à la modification d'installations quelconques de chemin de fer.

Art. 11. Les contestations que pourrait soulever l'application des articles 4 à 10 de la présente loi seront tranchés par le Tribunal fédéral en première et dernière instance, conformément à la loi fédérale du 22 mars 1893 sur l'organisation judiciaire fédérale (article 50, chiffre 15) à moins que la présente loi n'attribue la compétence à une autre autorité.

Art. 12. Dans le cas où l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques exigerait l'application de droits plus étendus que ceux mentionnés dans la présente loi, la Confédération devra recourir à l'expropriation conformément à la loi fédérale du 1er mai 1850 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique.

III. Installations électriques a fort courant.

Art. 13. Sont soumises aux prescriptions de la présente loi toutes les installations électriques à fort courant qui empruntent le domaine public ou celui des compagnies de chemins de fer ou qui, par suite de la proximité d'autres installations électriques soumises à la présente loi, peuvent causer des perturbations d'exploitation ou présenter des dangers.

Art. 14. En ce qui concerne les tensions admissibles pour les différents genres d'installations électriques, le Conseil fédéral édictera des prescriptions spéciales après avoir pris l'avis de la commission prévue à l'article 20.

Art. 15. Le Conseil fédéral édictera les prescriptions nécessaires pour parer, dans la mesure du possible, aux dangers et dommages qui peuvent résulter de l'existence des installations à fort courant et de la

proximité de celles-ci des installations à faible courant.

Ces prescriptions régleront l'établissement et l'entretien des installations à faible courant et à fort courant, les précautions à prendre aux croisements de lignes électriques entre elles, ou aux croisements de lignes électriques avec les chemins de fer, l'établissement de lignes parallèles entre elles ou le long du chemin de fer ainsi que la construction et l'entretien des chemins de fer électriques en particulier.

Ces prescriptions seront appliquées immédiatement, dans toute leur étendue, pour l'établissement de nouvelles installations électriques. Pour leur application aux installations existantes, le Conseil fédéral peut fixer des délais et autoriser des modifications après avoir entendu la commission prévue à l'article 20.

Art. 16. Avant l'exécution de nouvelles installations électriques à fort courant, il en sera soumis un projet à l'inspectorat des installations à fort courant (article 22).

Cet inspectorat demandera un préavis à la direction des télégraphes et soumettra ce projet à l'approbation du Département des Postes et Chemins de fer.

Le Conseil fédéral édictera des prescriptions sur les projets à présenter pour les installations électriques après avoir pris l'avis de la commission prévue à l'article 20.

Il n'est pas nécessaire de soumettre de projets pour les installations intérieures.

Art. 17. On entend par « installations intérieures » dans le sens de la présente loi les installations électriques dans l'intérieur des maisons, dépendances et locaux adjacents qui présentent les tensions électriques

autorisées par le Conseil fédéral conformément à l'article 14.

Art. 18. Les prescriptions prévues à l'article 15 fixeront en particulier les mesures techniques de sécurité nécessaires en cas de voisinage immédiat entre des lignes à fort courant et des lignes à faible courant, ou entre des lignes à fort courant entre elles.

Ces mesures de sécurité seront appliquées dans chaque cas de la façon la plus rationnelle sans se préoccuper de savoir à laquelle des installations ces travaux devront être faits.

Les frais résultant de ces mesures, y compris l'adjonction du double fil aux lignes téléphoniques publiques, seront supportés en commun par les entreprises intéressées.

Pour la répartition desdits frais, il est indifférent de savoir laquelle des lignes existait déjà ou sur quelle ligne les mesures de sécurité sont introduites ou des changements sont apportés. La répartition des frais se fera sur les bases suivantes :

1. En cas de rencontre entre une ligne à faible courant publique ou appartenant à une compagnie de chemin de fer et une autre ligne électrique, les frais tombent pour les deux tiers à la charge de cette dernière et pour un tiers à la charge de la première.

2. En cas de rencontre entre deux ou plusieurs installations électriques, à l'exclusion des lignes télégraphiques ou téléphoniques, les frais se répartiront en proportion de l'importance économique de ces installations.

En cas de contestation entre les parties au sujet des frais à supporter en commun ou de leur répartition, le Tribunal fédéral décidera en première et dernière instance.

Les prescriptions de cet article ne s'appliquent pas aux installations intérieures.

Art. 19. L'octroi de concessions pour lignes téléphoniques qui servent exclusivement à l'exploitation d'installations électriques a lieu sans frais et conformément aux articles 20 et 22 de la loi fédérale du 27 juin 1889 sur les téléphones.

IV. Contrôle.

Art. 20. Le préavis sur les prescriptions qui seront édictées par le Conseil fédéral concernant l'établissement et l'entretien des installations électriques appartient à une commission permanente pour les installations électriques. Cette commission exerce en outre les fonctions qui lui sont attribuées par les articles 2, 6, 14, 15, 16, 23, 24, 25, 50, 54 et 60 de la présente loi.

Cette commission se compose de sept membres qui sont nommés par le Conseil fédéral en même temps que les fonctionnaires fédéraux et pour la même durée de trois ans. Trois membres au moins de la commission seront choisis parmi les membres et sur la présentation de l'Association suisse des électriciens.

Art. 21. La surveillance des installations électriques et le soin de vérifier si elles sont en bon état incombe à leur propriétaire (possesseur, locataire, etc.).

Le propriétaire de conduites électriques posées sur le domaine des chemins de fer doit pourvoir à la surveillance et à l'entretien de ces conduites ; en conséquence l'accès du chemin de fer devra être permis à ses mandataires moyennant avis préalable aux agents de la compagnie.

Art. 22. Le contrôle de l'exécution des prescriptions mentionnées à l'article 15 est conféré :

1. Pour les installations à faible courant, à l'exception des lignes privées à faible courant des installations à fort courant, et pour les croisements entre lignes à fort courant et à faible courant, à la direction fédérale des télégraphes ;
2. Pour les chemins de fer électriques, y compris les croisements des voies par des lignes électriques à fort courant ou l'établissement de ces dernières le long des chemins de fer, au Département des Postes et Chemins de fer (division des Chemins de fer) ;
3. Pour les installations à fort courant, y compris l'installation des machines électriques, à l'inspectorat des installations à fort courant de l'Association suisse des électriciens.

Art. 23. Il peut être recouru au Conseil fédéral dans le délai de quatre semaines contre les décisions des instances de contrôle spécifiées à l'article 22. Le Conseil fédéral décidera après avoir pris l'avis de la commission prévue à l'article 20.

Art. 24. Les contestations qui pourraient s'élever entre les instances de contrôle prévues à l'article 22 seront tranchées par le Département des Postes et Chemins de fer qui consultera la commission des installations électriques prévue à l'article 20.

Le recours au Conseil fédéral contre les décisions du Département des Postes et Chemins de fer demeure réservé.

Art. 25. L'inspectorat des installations à fort courant est soumis à la commission prévue à l'article 20.

Le siège de cet inspectorat est fixé par le Conseil fédéral.

Art. 26. Le Conseil fédéral peut créer avec l'assentiment de l'Assemblée fédérale un inspectorat fédéral à la place de l'inspectorat de l'Association suisse des électriciens dans les cas suivants :

1. Si l'inspectorat de l'Association suisse des électriciens cesse d'exister ou si cette association se dissout ;
2. Si l'inspectorat de l'Association suisse des électriciens ne remplit pas d'une manière satisfaisante la tâche qui lui est confiée.

Art. 27. La Confédération participera aux frais de l'inspectorat de l'Association suisse des électriciens par une subvention.

Les frais qui résultent des inspections d'installations électriques tombent à la charge des propriétaires de ces installations.

Art. 28. Les propriétaires des installations à fort courant devront fournir à l'inspectorat les données techniques nécessaires pour établir une statistique uniforme.

Art. 29. Le contrôle prévu au chapitre IV ne s'étend pas aux installations intérieures. Par contre, les propriétaires des installations électriqnes sont tenus de prouver à l'inspectorat que ces installations intérieures sont contrôlées d'une autre façon. Il sera procédé à des inspections pour vérifier les mesures prises.

V. Dispositions concernant la responsabilité.

Art. 30. Lorsqu'une personne a été tuée ou blessée pendant la construction d'une installation électrique à

fort courant ou à faible courant, privée ou publique, le propriétaire de l'installation est responsable de l'accident, à moins qu'il ne prouve que ce dernier est dû soit à une force majeure, soit à la faute ou à la négligence de tiers, ou enfin à la faute lourde de celui qui a été tué ou blessé.

La responsabilité existe dans la même mesure en ce qui concerne le dommage causé aux choses, excepté toutefois en ce qui concerne les perturbations dans l'exploitation.

Art. 31. Celui qui exploite une installation électrique à faible courant ou à fort courant, que cette installation soit propriété privée ou publique, ainsi que celui qui reçoit de l'énergie électrique pour son usage particulier ou pour la transmettre à son tour à d'autres personnes, sont solidairement responsables pour les dommages causés aux personnes et aux choses par les installations électriques en question. La responsabilité n'existe cependant pas pour les perturbations dans le service d'exploitation ni pour les exceptions prévues à l'article 30, paragraphe 1.

Art. 32. Lorsque des dommages de cette nature résultent du contact de différentes lignes électriques entre elles, les entreprises intéressées devront, sauf entente entre elles, supporter le dommage par moitié, à moins qu'il ne soit prouvé que la faute est imputable à l'une ou à l'autre de ces entreprises.

La même règle est applicable au cas où l'on réclamerait une indemnité du propriétaire d'une installation électrique et d'un consommateur d'énergie électrique dans le sens de l'article 31 de cette loi.

Art. 33. Est considérée comme faute toute contravention aux prescriptions édictées par le Conseil fédé-

ral en conformité de l'article 15 de la présente loi.

Art. 34. Lorsque des installations à fort courant et à faible courant se causent réciproquement un dommage, ce dernier doit être réparti entre elles dans une proportion juste et équitable, en tenant compte de toutes circonstances, à moins qu'il ne soit prouvé que la faute est imputable à l'une ou à l'autre desdites installations.

Art. 35. Le propriétaire de l'installation à fort courant ou à faible courant est tenu d'aviser immédiatement l'autorité locale, désignée comme compétente par les cantons de tout dommage causé à des personnes ou à des choses. Cette autorité ouvre une enquête officielle dans le plus bref délai sur la cause et les conséquences de l'accident, en se faisant assister d'experts dans les cas importants et donne directement connaissance de cet accident au Département des Postes et des Chemins de fer ainsi qu'au gouvernement cantonal.

Art. 36. L'exception de force majeure ou de cas fortuit, dans le sens de cette loi, ne pourra pas être invoquée, lorsqu'un dommage aura été causé par des installations défectueuses, c'est-à-dire ne répondant pas aux prescriptions édictées conformément à l'article 15 de la présente loi.

Art. 37. Les propriétaires d'installations électriques et les consommateurs d'énergie électrique sont responsables de leurs employés, aussi bien que de toute personne dont ils se servent pour la construction ou l'exploitation des installations électriques.

Art. 38. Les entreprises responsables conservent le droit de recours contre les personnes auxquelles le dommage est imputable.

Art. 39. Il ne peut être réclamé d'indemnité, dans le sens des articles 30 et 31 de la présente loi, s'il est prouvé que la personne tuée ou blessée ou que la personne lésée dans sa propriété s'était mise en contact avec l'installation électrique en commettant un acte délictueux ou déloyal, ou en violant sciemment des prescriptions de police (avertissement, défense, etc.).

Art. 40. Les dispositions du code fédéral des obligations font règle en ce qui concerne le montant des indemnités et la prescription des actions en indemnité.

En cas de lésion causée à des personnes, l'indemnité pour l'entretien ou le gain futur est fixée par le tribunal sous la forme d'un capital ou d'une rente annuelle.

Si les conséquences d'une lésion corporelle ne peuvent pas encore être exactement appréciées au moment où le jugement est rendu, le juge peut exceptionnellement réserver une revision ultérieure du jugement pour le cas de mort ou d'une aggravation ou d'une amélioration de l'état du blessé. Toute démarche dans ce sens doit être faite dans l'année qui suit le jugement.

Art. 41. Les cantons désignent, pour toutes les contestations judiciaires sur les demandes en indemnité faites en vertu de la présente loi, le tribunal qui devra, comme instance cantonale unique, statuer sur le procès. Il pourra être interjeté appel de son jugement au Tribunal fédéral sans avoir égard à la valeur de l'objet litigieux.

Art. 42. Dans toute contestation judiciaire sur des demandes en indemnité de cette nature, le tribunal prononce sur les faits après avoir vérifié leur exactitude et sur le montant de l'indemnité, en appréciant librement l'ensemble de la cause, sans être lié par les règles des lois de procédure en matière de preuves.

Le Tribunal fédéral peut, à la demande des parties, ordonner une nouvelle enquête.

Art. 43. Sont sans valeur légale les règlements, publications ou conventions spéciales, qui excluraient ou limiteraient d'avance l'obligation d'indemniser, telle qu'elle résulte des dispositions de la présente loi. Demeurent réservées les dispositions de l'article 32 de la présente loi et les dispositions contraires de conventions conclues avec des abonnés.

Art. 44. Les dispositions sur la responsabilité contenues dans la présente loi n'abrogent pas celles de la loi sur la responsabilité civile des fabricants ; elles restent en vigueur, sans modification, en ce qui concerne les rapports entre les propriétaires des installations électriques et leurs employés et les questions de responsabilité.

Art. 45. Les dispositions du chapitre V touchant la responsabilité ne sont pas applicables en ce qui concerne les installations intérieures.

VI. Expropriation.

Art. 46. Les dispositions de l'article 12 de la présente loi font règle en ce qui concerne le droit d'expropriation de l'administration fédérale des télégraphes et téléphones. Pour les autres installations à faible courant qui remplissent un but d'utilité publique le droit d'expropriation est réglé conformément aux dispositions de l'article 47 de la présente loi.

Art. 47. Le droit d'expropriation peut être accordé aux propriétaires d'installations électriques à fort courant et aux consommateurs d'énergie électrique pour les installations de transport et de distribution de

l'énergie électrique, ainsi que pour l'établissement des installations à faible courant nécessaires à l'exploitation desdites installations, conformément aux dispositions de la loi fédérale du 1er mai 1850 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique et aux prescriptions modificatives de la présente loi.

Art. 48. Sont considérés comme installations de transport et de distribution d'énergie électrique :

1. L'établissement de conduites électriques (aériennes et souterraines avec leurs accessoires ;
2. L'installation de stations de transformation avec leurs accessoires.

Art. 49. Le droit d'expropriation peut être exercé tant à l'égard de la propriété privée qu'à l'égard du domaine des chemins de fer; toutefois on ne peut, en ce qui concerne ces derniers, faire valoir ce droit qu'autant que l'existence d'une installation à fort courant n'entrave pas l'exploitation du chemin de fer et qu'il existe un espace suffisant pour l'installation des conduites nécessaires à l'exploitation du chemin de fer et des lignes de l'administration des télégraphes et des téléphones.

Pour faciliter le passage de lignes électriques à travers un canton ou une commune, il peut être accordé également aux entreprises électriques le droit de cojouissance du domaine public cantonal ou communal par voie d'expropriation.

Par contre, en ce qui concerne les installations servant à la distribution de l'énergie électrique sur le territoire d'un canton ou d'une commune, le droit de cojouissance du domaine public ne peut être accordé qu'avec l'assentiment du canton ou de la commune.

Les installations électriques ne peuvent prétendre à

la cojouissance d'un terrain public qu'en respectant les autres buts auxquels ce terrain est destiné.

Art. 50. Pour obtenir le droit d'expropriation en faveur d'une installation électrique, il faut en faire la demande à l'inspectorat des installations à fort courant en lui soumettant un plan exact du tracé de la conduite projetée.

Le droit d'expropriation ne sera accordé par le Conseil fédéral que si dans le délai de 30 jours il n'a été fait aucune opposition. En cas d'opposition, l'expropriation ne peut être accordée que si une modification du tracé n'est pas réalisable sans inconvénient grave de nature technique ni sans une dépense hors de proportion avec l'installation en question ni encore sans danger pour la sécurité publique.

Le Conseil fédéral statue sur l'admissibilité de l'expropriation après avoir pris l'avis de la commission prévue à l'article 20.

Art. 51. L'expropriation peut être demandée par le propriétaire de l'installation électrique à fort courant, ou par le consommateur d'énergie électrique, aussi bien pour le transfert de la propriété que pour la constitution d'une servitude permanente ou seulement temporaire.

L'indemnité à payer consistera suivant les circonstances en un capital ou en une rente annuelle.

Cette indemnité pourra comprendre, avec l'assentiment des deux parties, la réparation du dommage causé aux cultures et celles des autres dommages qui pourront se produire lors des modifications et réfections faites aux conduites électriques une fois établies.

Art. 52. Sous réserve des exceptions spécifiées aux articles 53 à 56 de la présente loi, la procédure d'expropriation a lieu conformément aux dispositions de la loi

fédérale du 1er mai 1850 sur l'expropriation pour cause d'utilité publique.

Art. 53. En même temps que la présentation des plans au Conseil fédéral, par l'entremise de l'inspectorat des installations à fort courant, devra se faire le dépôt des plans dans les communes afin que chaque intéressé puisse en prendre connaissance.

Art. 54. La commission d'estimation sera convoquée à l'effet de discuter les demandes d'indemnité, après que le Conseil fédéral aura approuvé le projet en tenant compte des oppositions et consulté la commission prévue à l'article 20.

Art. 35. Après l'approbation des plans, il peut être procédé à l'établissement de la conduite électrique, alors même que la procédure relative à l'estimation n'est pas encore terminée et que les indemnités ne sont pas payées. Toutefois il y a lieu de fournir des garanties pour le paiement intégral de ces indemnités ; en cas de contestation, la commission d'estimation fixe le montant des garanties à fournir.

Art. 56. Il sera nommé pour chaque canton une commission d'estimation de trois membres. Le Tribunal fédéral, le Conseil fédéral et le gouvernement du canton intéressé nomment chacun un membre et désignent également deux suppléants pour chaque membre.

La décision de la commission d'estimation est définitive sous réserve de recours au Tribunal fédéral dans le cas où la valeur du litige dépasse 2000 francs.

VII. Dispositions pénales.

Art. 57. Les prescriptions suivantes font règle en

ce qui concerne le dommage causé à des installations électriques et les dangers qui en résultent:

a. Celui qui à dessein et par un acte quelconque endommage une installation électrique et expose par là des personnes ou des choses à un danger grave sera condamné à l'emprisonnement, et dans le cas où une personne a été gravement blessée, ou lorsqu'un dommage considérable a été causé, à la réclusion.

b. Celui qui, par un acte quelconque dû à son imprudence ou à sa négligence, ou à l'inobservation des devoirs de sa place, a été la cause d'un danger grave, sera condamné à une année au plus d'emprisonnement avec amende et, en cas de dommage considérable, à un emprisonnement de trois ans au plus, avec amende.

Art. 58. Tous actes par lesquels on empêche ou l'on interrompt l'usage des télégraphes ou des téléphones, tels que l'enlèvement, la destruction ou la détérioration des fils conducteurs et des appareils ou autres accessoires, l'adjonction aux fils conducteurs de corps étrangers, les entraves mises au service des employés des télégraphes, etc., seront punis d'un emprisonnement d'une année au plus avec amende. Si, par suite de la perturbation dans l'usage de ces installations, une personne a été gravement blessée ou s'il en est résulté un dommage considérable, la peine sera la réclusion jusqu'à trois ans.

Art. 59. La poursuite des crimes et délits prévus aux articles 57 et 58 a lieu conformément aux prescriptions du code pénal fédéral du 4 février 1853, qui fait règle aussi en ce qui concerne la prescription.

Art. 60. Celui qui contrevient aux ordres donnés

par l'inspectorat des installations à fort courant en suite des prescriptions édictées par le Conseil fédéral, conformément à l'article 23 de la présente loi, peut être puni par le Conseil fédéral, et sur le préavis de la commission prévue à l'article 20, d'une amende allant jusqu'à 3000 francs.

Les dispositions pénales prévues à l'article 57 demeurent réservées.

Art. 61. La loi fédérale du 26 juin 1889 concernant l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques est abrogée par la présente loi.

Art. 62. Le Conseil fédéral est chargé, conformément aux dispositions de la loi fédérale du 17 juin 1874, concernant les votations populaires sur les lois et arrêtés de la Confédération, de publier la présente loi et de fixer l'époque où elle entrera en vigueur.

ARRÊTÉ DU CONSEIL FÉDÉRAL CONCERNANT LES PRESCRIPTIONS SUR L'ÉTABLISSEMENT DES CONDUITES ÉLECTRIQUES DES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES.

(Du 7 juillet 1899.)

LE CONSEIL FÉDERAL SUISSE,

Vu le rapport et les propositions de son Département des Postes et des Chemins de fer,

arrête :

L'établissement des conduites électriques de tous les chemins de fer électriques qui sont ouverts au service public ou qui empruntent le domaine public est soumis aux prescriptions suivantes :

A. Dispositions générales.

Art. 1er. Les tensions électriques autorisées sont fixées comme suit :

1. Pour les chemins de fer et tramways à l'intérieur des villes et des localités d'une certaine importance : 600 volts ;
2. Pour les chemins de fer routiers en dehors des villes : 750 volts ;
3. Pour les conduites des chemins de fer électriques sur plateforme indépendante, on pourra autoriser des tensions supérieures à 750 volts, à condition de prendre toutes les mesures voulues pour éloigner tout danger soit pour les voyageurs, soit pour le personnel et l'exploitation.

   Le Département fédéral des Chemins de fer prescrira les mesures de sécurité à observer.

Les tensions spécifiées sous les chiffres 2 et 3 correspondent à la différence de potentiel qui existe entre la ligne et la terre.

B. Construction des lignes.

1. *Lignes aériennes.*

Art. 2. *Fils.* La flèche et la tension de rupture des fils pour lignes aériennes seront choisies de telle sorte qu'à la température de moins 20 degrés centigrades, on ait encore au minimum une sécurité de 5 à la rupture en tenant compte du poids propre des fils et de la pression du vent.

On ne devra pas employer de fils en cuivre d'un diamètre inférieur à 3 millimètres. Pour les fils d'autres métaux, le diamètre minimum devra être tel qu'on obtienne la même résistance absolue de rupture.

Dans les calculs statiques on admettra une pression du vent égale à 100 kilogrammes par mètre carré de surface frappée normalement. Pour les corps cylindriques comme les poteaux et les fils, on ne comptera que les sept dixièmes de la pression normale du vent.

Les fils de cuivre allant jusqu'à 8 millimètres de diamètre doivent avoir une tension de rupture d'au moins 30 kilogrammes par millimètre carré.

Pour les lignes de contact, on n'emploiera que des fils présentant une tension de rupture d'au moins 35 kilogrammes par millimètre carré.

Art. 3. Il sera fait avec tous les fils des essais de résistance à la station fédérale pour l'essai des matériaux de construction à l'École polytechnique de Zurich. Les protocoles de ces essais seront transmis en originaux au contrôle fédéral.

Art. 4. Si l'on emploie des poteaux en bois, ceux-ci doivent être bien injectés.

Le diamètre des poteaux en bois ne devra pas être inférieur aux dimensions suivantes:

Longueur totale du poteau.	8	10	12	16	20	m.
Diamètre à la base.	18	20	24	28	32	cm.
Diamètre au sommet.	12	12	15	15	15	»

L'extrémité des poteaux sera protégée par une cape métallique.

Les poteaux seront plantés à une profondeur suffisante en tenant compte de la résistance du sol, ils seront ensuite bien calés, au besoin bétonnés et s'il est nécessaire munis d'un hauban ou d'une contre-fiche.

Art. 5. Les poteaux en bois porteront d'une manière bien visible et durable la date de leur installation et leur numéro courant.

Art. 6. Les poteaux seront calculés de manière à offrir une sécurité d'au moins 2 à la rupture en admettant que tous les fils rompent d'un seul côté et en tenant compte de l'effort du vent.

Les poteaux d'angle devront en outre offrir une sécurité de 3 à la rupture en prenant pour base du calcul l'effort maximum réel et en tenant compte des ancrages.

Pour la pression du vent on suivra les indications de l'article 2.

Art. 7. Il est défendu d'augmenter la longueur d'un poteau en bois par l'assemblage de plusieurs poteaux en bois.

Art. 8. Les ancrages devront être soigneusement exécutés. Les haubans qui seront assujettis aux maisons devront être fixés si possible dans la maçonnerie, ceux qui seront assujettis

des parties combustibles devront être reliés électriquement à la terre en dehors de la maison (conformément à l'article 51 des prescriptions générales sur les installations électriques). Si la mise à la terre n'est pas possible, les haubans devront être isolés des parties combustibles du bâtiment.

Art. 9. Les lignes de contact seront isolées entre elles et contre la terre au moyen de deux isolateurs dont chacun doit pouvoir résister à la tension totale.

Le second isolement, contre la terre, sera placé le plus près possible de la ligne de contact.

Les isolateurs employés devront offrir la résistance mécanique voulue et ne pas se détériorer par suite des intempéries. Les poteaux en bois ne seront pas comptés comme isolement.

Les fils tendeurs et les dispositifs de suspension des lignes de contact seront assimilés à ces dernières lorsqu'ils n'en sont pas isolés par un isolateur résistant à la tension totale et ne se détériorant pas aux intempéries.

Art. 10. Les fils conducteurs doivent être à une distance telle des arbres fruitiers ou des parties accessibles des maisons qu'on ne puisse les atteindre sans employer des moyens spéciaux.

Art. 11. Le point le plus bas des fils inférieurs sera au minimum à 6 mètres au-dessus des rails. On pourra autoriser des exceptions aux passages inférieurs des routes.

Pour les lignes de contact des chemins de fer sur plate-forme indépendante la hauteur fixée ci-dessus ne sera exigée qu'aux croisements de routes et chemins carrossables.

Art. 12. *Eclissage électrique.* Lorsqu'on utilise les rails comme conduite électrique, on munira chaque joint de 2 connexions en cuivre offrant chacune une section d'au moins 50 millimètres carrés, ou d'une seule connexion de même valeur totale au point de vue électrique.

Ces connexions seront établies de manière à assurer un contact aussi bon et aussi durable que possible.

Art. 13. Toutes les lignes aériennes et spécialement les poteaux doivent être soumis à un contrôle régulier.

Les poteaux et les fils défectueux devront être remplacés à temps, c'est-à-dire avant qu'ils ne puissent occasionner du danger.

Cas échéant, c'est l'autorité de contrôle qui décidera.

Les inspections des poteaux et des fils aux traversées de

places, routes et chemins de fer, ainsi que des croisements de lignes et des lignes parallèles entre elles, devront être particulièrement fréquentes et minutieuses.

L'isolement des lignes doit être maintenu aussi parfait que possible et sera mesuré et noté à intervalles réguliers. On reverra en même temps très soigneusement toutes les lignes de terre.

2. *Conduites souterraines.*

Art. 14. Dans les installations de chemins de fer électriques, on pourra poser directement dans le sol, et sans autre protection, les câbles nus servant au retour du courant.

C. LIGNES PARALLÈLES.

1. *Lignes parallèles à fort et à faible courant.*

Art. 15. On pourra poser sur les poteaux pour lignes de contact des lignes à basse tension ou à faible courant; les lignes à haute tension devront par contre être placées sur des poteaux à part.

La pose, sur ces poteaux des lignes à haute tension, de lignes à faible courant parallèles, devra, autant que possible, être évitée. — Lorsqu'on ne pourra faire autrement, par exemple dans les installations qui exigent l'emploi d'une ligne spéciale de téléphone ou de signaux, posée sur les poteaux de la haute tension, on placera les fils à haute tension au-dessus des fils à faible courant.

La distance minima entre ces fils ne devra pas être inférieure à 1 mètre, de plus on munira les poteaux de bras ou cadres de protection, indépendants des ferrures d'isolateurs, pour empêcher la chute des fils à haute tension ensuite de bris d'isolateurs, arrachement ou rupture des ferrures d'isolateurs.

Ces dispositifs de protection seront établis conformément aux prescriptions de l'article 26.

Les fils seront attachés aux isolateurs au moyen du joint-arrêt (article 18).

On pourra faire abstraction de ces dispositifs de protection pour les lignes de téléphone ou de signaux qui servent exclusivement à l'exploitation du chemin de fer. Dans ce cas il faudra isoler les stations de téléphone ou de signaux pour la

haute tension et placer devant les appareils un plancher isolant, de telle sorte qu'il n'y ait aucun danger dans la manipulation des appareils, même dans le cas où la haute tension y aurait pénétré. — Les lignes de téléphone ou de signaux sont assimilées dans ce cas aux lignes à haute tension, en ligne courante comme à l'intérieur des bâtiments.

Art. 16. Dans le cas où les lignes à faible courant sont parallèles à des lignes à haute tension et sont portées par des poteaux voisins de ceux de cette dernière ligne, on prendra les mesures voulues pour éviter la chute des poteaux de l'une des lignes sur l'autre en adoptant une distance suffisante entre les poteaux des deux lignes ou en les munissant de haubans ou contre-fiches ou encore en employant des poteaux métalliques bétonnés dans le sol.

2. *Lignes à haute et à basse tension parallèles entre elles.*

Art. 17. On évitera, autant que possible, de poser sur les mêmes poteaux des lignes à haute et à basse tension parallèles entre elles.

Lorsqu'on ne pourra l'éviter, on placera la ligne à haute tension au-dessus de la ligne à basse tension. — La distance entre ces lignes ne devra pas être inférieure à 1 mètre.

Art. 18. Aussi bien pour les lignes parallèles qu'aux croisements on fixera sur les poteaux des bras ou cadres de protection, indépendants des ferrures d'isolateurs, pour empêcher la chute des fils à haute tension ensuite de bris d'isolateurs, rupture ou arrachement des ferrures d'isolateurs.

Ces dispositifs de protection seront construits conformément aux indications de l'article 26.

Les fils devront être fixés aux isolateurs de telle sorte qu'aucun glissement ne puisse se produire (joint-arrêt).

D. Lignes a haute tension posées le long de chemins de fer électriques.

Art. 19. Si l'on emploie pour les lignes à haute tension des poteaux en bois, on devra les planter autant que possible partout à la limite extérieure du corps de la voie.

Ces poteaux seront fondés solidement et devront tous être munis de contre-fiches ou de haubans métalliques pour les

empêcher en cas de rupture d'atteindre le profil d'espace libre du chemin de fer.

Si l'on emploie des poteaux métalliques, on pourra placer la ligne électrique plus près de la voie, pour autant que le permettra l'exploitation du chemin de fer.

La distance entre les poteaux de la ligne à haute tension ne devra pas dépasser les portées admises pour les lignes de contact.

On évitera, autant que possible, de poser une ligne quelconque sur les poteaux des lignes de contact placées du côté où se trouve la ligne à haute tension.

Pour empêcher la chute des fils ensuite de bris d'isolateurs, rupture ou arrachement de ferrures d'isolateurs, on fixera sur les poteaux des bras ou cadres de protection conformément aux prescriptions de l'article 26.

Il y a lieu, en outre, d'installer un dispositif sûr provoquant instantanément et automatiquement la rupture du courant lorsque les lignes viendraient à se casser.

Pour le calcul statique des fils et des poteaux, ce sont les prescriptions des articles 2 et 6 qui font règle.

E. Croisements.

1. *Croisements entre des lignes à haute et à basse tension.*

Art. 20. Aux points de croisement entre une ligne à haute tension et une ligne à basse tension, c'est la ligne à haute tension qui passera au-dessus de l'autre.

Le croisement se fera ou bien sur le même poteau avec une distance minima de 1 mètre entre les deux lignes, ou bien entre deux poteaux placés aussi près que possible l'un de l'autre; dans ce cas, la distance minima entre les lignes devra être de $1^{m},50$.

Les croisements entre lignes à haute tension et lignes à basse tension de différents réseaux de distribution (alimentés par la même station centrale ou par des stations différentes) seront aussi exécutés d'après les prescriptions ci-dessus.

Art. 21. Les croisements des lignes avec la voie du chemin de fer seront exécutés d'après les prescriptions générales pour les croisements de lignes électriques avec les chemins de fer

(prescriptions générales sur les installations électriques : articles 106 à 126).

2. *Croisements supérieurs de lignes à faible courant au-dessus de lignes de contact.*

Art. 22. On cherchera à réduire le plus possible le nombre des croisements en réunissant en grands faisceaux les fils à faible courant.

Art. 23. *a.* Lorsque les circonstances forceront à faire passer les fils à faible courant au-dessus de lignes de contact qui utilisent les rails ou la terre pour le retour du courant, on tendra au-dessus de fils de contact des fils de garde parallèles, conformément aux prescriptions de l'article 35.

b. Dans les endroits où la pose des fils de garde présente des difficultés considérables, on placera, pour empêcher la chute des fils à faible courant, un solide filet, établi d'après les articles 27 à 34, et enserrant les fils à faible courant en-dessous et sur les deux côtés. Ce filet devra être relié à la terre et aux rails.

c. On pourra se passer de protection dans les cas où une ligne à faible courant (y compris le fil de retour) est constituée par du fil d'acier de 3 millimètres et n'offre pas une portée supérieure à 30 mètres.

Art. 24. Ces filets de protection ne devront être fixés aux poteaux ou supports des lignes à faible courant que lorsque ces derniers sont construits, assujettis et ancrés de manière à présenter à la température de moins 20 degrés centigrades une sécurité d'au moins 4 à la rupture, en tenant compte uniquement du poids propre des fils.

Il faudra tenir compte en outre de la solidité de la toiture.

Art. 25. Lorsque pour une raison quelconque il est impossible d'installer des fils de garde ou des filets, on établira pour protéger les fils à faible courant des rails de terre dits « de Mertsching » ou un dispositif analogue répondant au même but (article 36).

F. Dispositifs de protection.

1. *Bras ou cadres de garde.*

Art. 26, *a.* Les bras ou cadres de garde contre la chute des

fils ensuite de bris d'isolateurs, rupture ou arrachement des ferrures d'isolateurs, seront construits en fers solides et de manière à prévenir sûrement la chute des fils et leur contact avec d'autres fils.

b. A cet effet, les cadres de garde seront complètement fermés sur eux-mêmes ou bien les bras seront recourbés jusqu'au-dessus de la tête des isolateurs.

c. La distance minima entre les bras ou les cadres de garde et les fils conducteurs sera de 10 centimètres.

2. *Filets de garde.*

Art. 27. *a.* Les cadres de fixation des filets seront construits sur les poteaux et posés de telle façon que la tension qu'exercent les fils du filet ne déforme pas les cadres, même en cas de chute de neige, et que le filet conserve sa forme primitive.

b. Les cadres seront disposés pour la fixation des fils longitudinaux de manière qu'on puisse ou bien fixer les isolateurs voulus si le filet doit être isolé, ou obtenir un bon contact entre les fils transversaux et avec la terre si le filet doit être mis à la terre.

Art. 28. La distance minima entre les filets ou les cadres de filets et les fils conducteurs ne doit à aucune température être inférieure à

20 centimètres en distance horizontale,
40 centimètres en distance verticale.

Art. 29. *a.* On emploiera pour les fils longitudinaux à défaut de câbles porteurs plus forts du fil d'acier galvanisé d'au moins 3 millimètres de diamètre et 140 kilogrammes par millimètre carré de tension de rupture. La distance entre ces fils longitudinaux ne doit pas être inférieure à 25 centimètres.

b. Si l'on emploie 2 ou plusieurs câbles porteurs en acier d'au moins 4 millimètres de diamètre, on pourra réduire à 2 millimètres de diamètre les autres fils longitudinaux.

c. Les câbles porteurs et les fils longitudinaux devront être munis de tendeurs.

Art. 30. Les fils transversaux seront en fer, acier ou cuivre et auront un diamètre d'au moins 1 mm. 5.

Art. 31. Les fils longitudinaux et transversaux devront être attachés ensemble à leurs points de croisement au moyen de fil

de ligature ou de manchons étamés qui rendent impossible tout glissement des fils transversaux. Les soudures devront se faire sans l'emploi de substances décapantes acides.

Art. 32. Les filets, c'est-à-dire leurs fils longitudinaux, seront convenablement isolés des cadres pour la tension du courant ou bien soigneusement reliés à la terre conformément à l'article 51 des prescriptions générales sur les installations électriques.

Art. 33. On réduira le plus possible la longueur des filets et on leur donnera une flèche suffisante pour éviter les effets dangereux des charges de neige ou de glace.

Art. 34. Les poteaux qui devront porter les filets devront être assez forts et munis des haubans ou des contre-fiches nécessaires.

3. *Fils de garde.*

Art. 35. *a.* Les fils de garde que l'on établira au-dessus des lignes de contact devront avoir au moins 4 millimètres de diamètre et 480 kilogrammes de résistance absolue de rupture.

b. Ces fils devront être tirés à l'endroit du croisement sur une longueur suffisante et de telle sorte que les fils à faible courant qui viendraient à casser ne puissent toucher les fils de contact.

c. Lorsque la disposition spécifiée sous *b* ne pourra pas être réalisée, on pourra établir les fils de garde à côté du chemin de fer et de telle sorte que les fils à faible courant qui tombent soient obligés de faire sûrement contact avec ces fils de garde avant de toucher les fils de contact.

d. Ces fils de garde seront reliés à leurs deux extrémités au rail par une ligne de terre en fil de cuivre d'au moins 6 millimètres de diamètre.

Les supports des fils de garde ne doivent pas être isolés contre la terre.

4. *Rails de terre.*

Art. 36. Les rails de terre dits « de Mertsching » devront être en métal nu (par exemple : aluminium ou cuivre) et seront posés immédiatement devant les isolateurs et à 2 ou 3 centimètres en dessous des fils à faible courant que l'on veut protéger.

Ces rails seront reliés électriquement à la voie ferrée.

G. Croisements de chemins de fer par les lignes de contact des chemins de fer électriques.

Art. 37. Lorsque les chemins de fer électriques avec lignes de contact croisent d'autres chemins de fer, on ne devra interrompre en aucun point ni la ligne de contact proprement dite ni la ligne de retour. Ces deux croisements seront exécutés : pour la ligne aérienne d'après les règles pour croisements supérieurs, et pour la ligne souterraine d'après les règles pour croisements inférieurs; pour autant du moins qu'il n'en résultera aucun inconvénient pour l'exploitation des deux chemins de fer.

H. Disposition finale.

Art. 38. Les prescriptions générales sur les installations électriques, en tant qu'elles sont applicables, font règle pour tous les points non spécifiés dans le présent arrêté.

J. Dispositions transitoires.

Art. 39. Les présentes prescriptions entrent en vigueur le 1er août 1899. Dès cette date, toutes les dispositions contraires, notamment l'ordonnance sur l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques du 7 décembre 1889, sont abrogées.

Art. 40. Ces prescriptions doivent être appliquées dans toute leur étendue lors de l'établissement de nouvelles conduites électriques. En ce qui concerne leur application aux installations existantes, le Conseil fédéral peut fixer des délais équitables et autoriser certaines dérogations.

Art. 41. Le Département des Postes et des Chemins de fer est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Berne, le 7 juillet 1899.

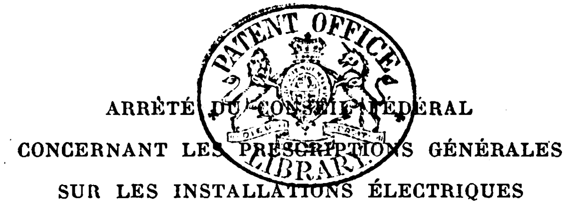
Au nom du Conseil fédéral suisse,

Le Président de la Confédération :

MÜLLER.

Le Chancelier de la Confédération :

RINGIER.



ARRÊTÉ DU CONSEIL FÉDÉRAL CONCERNANT LES PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES SUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

(Du 7 juillet 1899.)

LE CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE,

Vu le rapport et les propositions de son Département des Postes et des Chemins de fer,

arrête :

L'établissement des installations électriques, à faible courant et à fort courant, est soumis aux prescriptions suivantes :

I. Installations a faible courant.

Protection des lignes et appareils.

Art. 1er. Dans toute station, on munira toutes les lignes aériennes qui y aboutissent, et le plus près possible de leur point d'entrée, de coupe-circuits de lignes, de parafoudres et de coupe-circuits d'appareils.

Le Conseil fédéral se réserve d'autoriser des exceptions à cette règle.

Le coupe-circuit de ligne sera placé entre la ligne et le parafoudre, le coupe-circuit de l'appareil entre le parafoudre et l'appareil.

On peut aussi adopter, à la place de la disposition précédente, des parafoudres présentant deux points de passage à la terre avec distance inégale entre les peignes, disposés de telle sorte que les peignes avec écartement maximum seront branchés en parallèle avec le coupe-circuit de ligne et les peignes avec écartement minimum en parallèle avec le coupe-circuit d'appareil et l'appareil lui-même.

Dans les stations centrales on montera chaque coupe-circuit de lignes et d'appareil ainsi que chaque parafoudre sur une plaque séparée et non sur un socle commun.

Art. 2. Au point de raccordement d'une ligne aérienne avec

un câble, on placera les coupe-circuits de ligne et les parafoudres entre la ligne aérienne et le câble; les brins du câble qui entrent dans la station passeront premièrement par les coupe-circuits d'appareils avant d'être reliés à ces derniers.

Propriétés des coupe-circuits et des parafoudres.

Art. 3. Les coupe-circuits de lignes et d'appareils devront être construits le plus simplement possible et répondre aux conditions suivantes :

a. Lors de la fusion des fils, il ne doit pouvoir s'établir aucun arc permanent ou aucun court-circuit avec une ligne voisine et l'on ne doit avoir à redouter aucune projection de métal fondu ou de parties incandescentes du coupe-circuit.

b. Même en cas de court-circuit se produisant après le coupe-circuit, ce dernier doit être en état d'interrompre un courant de 1000 volts effectifs, courant continu, ou 1000 volts effectifs, courant alternatif, sans produire d'arc permanent et sans danger de feu pour le voisinage de l'appareil.

c. Les coupe-circuits doivent pouvoir être manipulés sans danger, lors même qu'un courant à haute tension y circulerait.

Art. 4. Les coupe-circuits de lignes et d'appareils ainsi que les parafoudres devront être montés sur des socles en matière incombustible, non hygroscopique et d'une capacité d'isolement suffisante.

Art. 5. On marquera d'une manière visible sur les pièces fusibles le débit du courant amenant la fusion.

Art. 6. Les débits provoquant la fusion se détermineront comme suit :

a. Les coupe-circuits de lignes devront pour des lignes locales (diamètre minimum pour lignes en cuivre = 0,5 millimètres) fondre au passage d'un débit n'offrant aucun danger de feu tout en résistant aux effets d'induction de la foudre. Ces coupe-circuits seront construits pour un courant de fusion de 4 à 6 ampères.

Aux raccordements de câbles, on choisira un débit de fusion sans dangers pour les brins du câble.

b. Les fusibles des coupe-circuits d'appareils doivent fon-

dre pour un débit n'offrant encore aucun danger pour les appareils à protéger (par exemple 0,2 à 0,3 ampères pour les appareils téléphoniques et télégraphiques).

Art. 7. Les coupe-circuits pour éclairage, moteurs, accumulateurs pour microphones, essais de lignes, etc., devront être établis d'après les prescriptions pour installations à fort courant (art. 38 et suivants).

Art. 8. Les parafoudres doivent être réglables et les pièces qui peuvent fondre doivent pouvoir être facilement remplacées.

La ligne de terre des parafoudres doit être établie suivant les prescriptions de l'art. 27.

Montage des coupe-circuits et parafoudres.

Art. 9. Les coupe-circuits ou parafoudres de tout genre ne doivent être montés ni dans les appareils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, eux-mêmes, ni sur les planchettes, tables ou supports de ces appareils.

Le Conseil fédéral se réserve d'autoriser des exceptions à cette règle.

Art. 10. Dans les stations centrales de téléphone et les bureaux principaux de télégraphes ou de signaux de chemins de fer, on placera les coupe-circuits à côté des parafoudres à proximité immédiate du point d'entrée de la ligne et dans des locaux séparés et incombustibles établis d'après les indications de l'art. 69.

Art. 11. Dans les petites stations (bureaux intermédiaires, stations de branchements et d'abonnés) on placera les coupe-circuits et parafoudres aussi près que possible du point d'entrée de la ligne. Ces appareils devront être facilement accessibles sans cependant se trouver à proximité de matières inflammables.

Entrées des lignes.

Art. 12. Les lignes d'entrée pour les stations centrales de téléphone et les bureaux principaux devront être placées dans des canaux ou tuyaux incombustibles.

Les lignes d'entrées pour les petites stations (bureaux intermédiaires, stations terminales ou stations d'abonnés) devront être établies en fil isolé au caoutchouc passant dans des

tuyaux isolants incombustibles et des pipes, ou bien en câbles sous plomb avec manchons d'extrémité. On ne pourra murer les câbles sous plomb qu'au moyen de gypse.

Surveillance des locaux pour coupe-circuits et parafoudres.

Art. 13. Les locaux renfermant les coupe-circuits et parafoudres devront être surveillés dans les stations téléphoniques importantes et les bureaux télégraphiques principaux. Il y aura lieu d'augmenter le personnel de surveillance lorsque des contacts avec des lignes à fort courant sont à redouter, comme par exemple en temps d'orage, d'ouragan, ou en cas de chute de neige.

Dans les petits bureaux et stations, il faudra exercer la même surveillance au moins en temps d'orage, d'ouragan ou de chute de neige, lorsque des contacts avec des lignes à fort courant sont à craindre.

Art. 14. Dans tous les bureaux importants de télégraphe, téléphone ou de signaux, il faudra munir d'extincteur d'un fonctionnement sûr, les salles d'appareils et les locaux pour les coupe-circuits et parafoudres.

Fils.

Art. 15. Le diamètre minimum et la résistance minimum de rupture des fils pour lignes à faible courant sont fixés comme suit :

	Diamètre en millimètres.	Résistance de rupture en kilogrammes par millimètre carré.
Fil de bronze minimum.	1,5	min. 70 kg. par mm².
— pour un diamètre de.	2	» 60 kg.
Fil d'acier galvanisé minimum.	2	» 140
Fil de fer galvanisé minimum.	3	» 45

Pour des fils d'autres métaux, le diamètre minimum devra être tel qu'on obtienne la même résistance absolue de rupture.

Art. 16. La flèche des lignes à faible courant sera réglée de telle sorte qu'à la température de moins 20 degrés centigrades on obtienne encore une sécurité minima de 3 à la rupture en tenant compte seulement du poids propre du fil et de l'allongement.

Poteaux.

Art. 17. On emploiera partout pour les poteaux de lignes du bois sain et bien injecté, pour autant du moins que les circonstances locales en permettront l'acquisition sans trop de frais.

Le diamètre des poteaux en sapin ne doit pas être inférieur aux dimensions suivantes :

Longueur totale du poteau.	Diamètre minimum à la base.	Diamètre minimum au sommet.
8 mètres.	18 centimètr.	12 centimètr
10 »	20 »	14 »
12 »	22 »	15 »
16 »	26 »	15 »
20 »	30 »	15 »

L'extrémité des poteaux sera protégée par une cape métallique.

Les poteaux seront plantés à une profondeur suffisante en tenant compte de la résistance du sol ; ils seront ensuite bien calés, éventuellement bétonnés et si cela est nécessaire munis d'une contre-fiche ou d'un hauban.

Art. 18. Les haubans qui seront assujettis aux maisons devront être fixés si possible dans la maçonnerie; ceux qui seront assujettis à des parties combustibles devront être reliés électriquement à la terre en dehors de la maison, conformément à l'article 49.

Si la mise à la terre n'est pas possible, les haubans devront être isolés des parties combustibles du bâtiment.

Art. 19. Les poteaux en bois porteront d'une manière bien visible et durable la date de leur installation et leur numéro courant.

Art. 20. Il est défendu d'augmenter la longueur d'un poteau en bois par l'assemblage de plusieurs poteaux en bois.

Charge des poteaux.

Art. 21. La charge maxima des poteaux pour les parties en alignement et une portée de 60 mètres est fixée comme suit :

Pour poteaux simples. .	30 fils de	1,5 millim. de diamètre.			
» doubles. .	200	»	1,5	»	»
» triples . .	300	»	1,5	»	»

La portée maxima ne devra pas dépasser 60 mètres en alignement et devra être réduite dans les courbes.

On pourra admettre exceptionnellement pour poteaux simples avec deux fils seulement, une portée maxima de 80 mètres.

Art. 22. La distance entre chevalets peut atteindre 100 mètres dans une localité; on n'emploiera qu'exceptionnellement des portées plus grandes, par exemple à la traversée de rivières, etc., où il est impossible d'obtenir une portée plus réduite.

Pour les croisements de lignes à faible courant au-dessus de lignes à fort courant, on réduira autant que possible les portées d'après les prescriptions spéciales de l'article 88.

Art. 23. Les colonnes pour câbles, les supports centraux, ainsi que les chevalets devront être construits de telle sorte qu'ils offrent encore une sécurité minimum de 1 à la rupture ou au renversement, même en admettant que tous les fils rompent d'un seul côté.

Dans les cas où l'on installe des supports sur les toits, il y a lieu de s'assurer que la toiture elle-même offre la résistance voulue.

Art. 24. Tous les poteaux en bois ou les supports métalliques munis de traverses doivent porter dès le début le nombre maximum de traverses pour lequel ils sont calculés. L'adjonction ultérieure, même provisoire, d'autres isolateurs au moyen de boulons, brides ou de toute autre manière est interdite.

Art. 25. Dans le cas où le nombre des fils d'un faisceau doit être porté au delà du nombre admis pour les supports, on devra remplacer ces derniers par des supports d'une construction plus forte.

Art. 26. La fixation de lignes ou de fils d'ancrage à des paratonnerres ou à d'autres constructions qui n'offrent pas la solidité voulue, telles que les cheminées, balustrades de toitures, etc., est interdite.

Lignes de terre.

Art. 27. Toutes les parties d'une ligne de terre doivent être en cuivre.

La ligne de terre (fil ou ruban) ne doit pas avoir une section inférieure à 10 millimètres carrés.

Cette ligne devra être reliée avec les objets à mettre à la terre et avec la plaque de terre, de façon à assurer un bon contact électrique et un assemblage mécanique offrant toute sécurité.

La plaque de terre sera formée d'une tôle de cuivre d'au moins un demi-mètre carré de surface et 1 millimètre d'épaisseur ou d'un réseau étendu de conduites d'eau.

Les conduites de gaz ne doivent être utilisées ni comme plaque de terre ni comme ligne de terre.

Les plaques de terre devront être placées à une profondeur d'au moins 1 mètre et dans un sol aussi humide que possible, ou mieux encore dans l'eau.

Dans les cas où ces deux conditions ne seraient pas réalisables, il y aura lieu d'augmenter la surface des plaques de terre.

Travaux de lignes, etc.

Art. 28. Dans les cas où il y aura des travaux à exécuter à des lignes à faible courant en des points où il peut en résulter un danger ou une perturbation par le contact de lignes ou d'appareils d'une autre installation à faible courant ou à fort courant, le propriétaire de l'installation en construction ou en réparation doit observer les règles suivantes :

1. Prendre les dispositions voulues pour éviter les perturbations et les dangers ;
2. Aviser à temps les propriétaires des autres installations pour que ces derniers puissent prendre de leur côté les mesures de sécurité voulues.

Art. 29. Dans le cas où des lignes à fort courant doivent être déplacées ou utilisées pour un autre but, il y aura lieu de munir immédiatement ces lignes des dispositifs de sécurité prescrits dans ce cas.

Art. 30. Les faisceaux de lignes qui doivent rester pendant un certain temps hors de service, doivent être ou immédiatement enlevés ou entretenus et contrôlés comme des installations en service.

Les faisceaux hors service doivent être soigneusement reliés entre eux et à la terre.

Art. 31. On doit éviter autant que possible les lignes provisoires.

Revisions.

Art. 32. Les conduites, poteaux et lignes de terre doivent être soumises à des revisions régulières.

Pour les lignes passant au-dessus de places, routes, chemins de fer, ainsi qu'aux points de croisements de lignes entre elles et aux endroits où ces lignes sont parallèles entre elles, il y aura lieu de procéder à des inspections fréquentes et minutieuses.

Il faudra remplacer à temps et avant qu'il y ait danger les poteaux et fils qui seraient défectueux.

En cas de contestation, ce sont les autorités de contrôle qui fixeront la date de ce remplacement.

Il y aura lieu de procéder à intervalles réguliers à des mesures d'isolement des lignes et des commutateurs de stations centrales; ces mesures seront protocolées.

Plan des réseaux, etc.

Art. 33. Pour faciliter la recherche des différentes lignes, il faudra établir et tenir à jour le plan des lignes, les schémas, dessins des poteaux et supports, nomenclatures, etc.

Art. 34. Les installations à faible courant devront, dans chaque localité où elles possèdent un réseau aérien, s'entendre avec les autorités pour qu'il y ait dans le corps de pompiers des gens connaissant les lignes et les travaux qui s'y rapportent.

II. Installations a fort courant.

Dispositions générales.

Art. 35. Les installations à fort courant se divisent en :

a. Installations à basse tension qui ne présentent pas de tensions supérieures à 1 000 volts pour le courant continu et 1 000 volts effectifs pour le courant alternatif;

b. Installations à haute tension qui présentent des tensions supérieures à celles spécifiées sous la lettre *a.*

Art. 36. Les tensions admissibles pour les installations à fort courant sont fixées comme suit :

a. Pour les installations dans les maisons employant un personnel peu expérimenté :

250 volts pour distributions à 2 conducteurs et 2 fois 250 volts pour distributions à 3 conducteurs.

b. Pour les installations dans les fabriques; pour les installations employant aussi un personnel peu expérimenté :

250 volts pour distributions à 3 conducteurs et 2 fois 250 volts pour distributions à 3 conducteurs; pour les installations dont la construction exige des précautions spéciales et qui n'emploient en conséquence qu'un personnel expérimenté on pourra autoriser des tensions supérieures. Les tensions autorisées pour les lignes de chemins de fer électriques seront fixées par des prescriptions spéciales.

Coupe-circuits, tableaux et parafoudres.

Art. 37. Les conduites et appareils qui peuvent au passage d'un courant trop élevé s'échauffer au point de causer un danger d'incendie pour leur voisinage, devront être protégées par des coupe-circuits ou interrupteurs automatiques d'un autre genre.

Art. 38. La construction et la disposition des coupe-circuits doivent être telles que la fusion des fils n'occasionne aucun court-circuit ni arc d'une certaine durée et qu'on n'ait à redouter aucune projection de métal fondu.

Les coupe-circuits pour haute tension doivent être placés de telle sorte que la fusion des fils ne mette pas en danger le personnel et n'endommage aucune partie de l'installation.

Les coupe-circuits doivent pouvoir être remplacés sans danger pendant l'exploitation.

Les lignes qui partent du tableau d'une station de production de courant doivent être munies de coupe-circuits sur chaque pôle, à l'exception du conducteur médian ou neutre des distributions à 3 fils et plus.

Art. 39. Les coupe-circuits et interrupteurs automatiques des stations de production de courant doivent être réglés pour l'intensité normale des lignes et appareils protégés et non pour l'intensité maximum de la station; l'intensité normale sera marquée sur les coupe-circuits.

Art. 40. Les coupe-circuits et interrupteurs doivent être

montés sur des socles en matière incombustible et non hygroscopique; ces appareils doivent assurer un bon contact et ne pas s'échauffer au passage du courant.

On emploiera pour l'interruption de circuits présentant de fortes étincelles de rupture des modèles établis de telle sorte que les pièces de contact ne puissent pas rester dans une position intermédiaire.

Art. 41. Dans les circuits présentant une tension de 150 volts et plus, on devra placer un coupe-circuit sur chaque pôle à l'exception du conducteur médian ou neutre des distributions à 3 conducteurs et plus. Le débit pour lequel ces appareils seront construits devra être marqué d'une manière bien visible.

Le courant nécessaire pour fondre un coupe-circuit ne devra pas dépasser le triple du courant normal.

Art. 42. Dans une conduite multiple dont les fils de polarité différente sont réunis pour former ce qu'on appelle un cordon souple, il faudra intercaler un coupe-circuit à chaque point de raccordement.

Art. 43. Dans tout circuit d'une certaine importance et pour toute dérivation offrant un courant de 5 ampères et plus ou qui présente une assez grande longueur, il y aura lieu de placer des coupe-circuits sur chaque pôle. Il faudra en outre placer des coupe-circuits en tous les points où la section du conducteur varie fortement.

Art. 44. Les coupe-circuits seront placés en des endroits facilement accessibles et loin de matières facilement inflammables.

Art. 45. Dans les lustres portant un grand nombre de lampes, on fera des groupes pour un débit maximum de 5 ampères et l'on protégera chacun de ces groupes sur les deux pôles.

Art. 46. Tout circuit de lampe à arc doit être muni sur chaque pôle d'un interrupteur et d'un coupe-circuit.

Art. 47. Toute ligne aérienne à haute tension doit être munie à ses extrémités d'un parafoudre sur chaque pôle. Pour les lignes à basse tension, on devra protéger tous les pôles par des parafoudres, au moins près de la station centrale.

Les parafoudres ne doivent pas occasionner de court-circuits ou de mises à la terre d'une certaine durée; ils doivent pouvoir supporter des décharges successives. Dans les appa-

reils où des pièces seraient déjà usées après quelques décharges seulement, on devra pouvoir remplacer ces pièces sans danger pendant l'exploitation. Les parafoudres doivent en outre être placés de telle sorte qu'ils ne puissent pas communiquer le feu.

Art. 48. Les lignes de terre des parafoudres doivent être établies conformément aux prescriptions de l'article 49. Si l'on emploie des parafoudres qui peuvent occasionner des court-circuits permanents, on munira le parafoudre de chaque pôle d'une ligne de terre séparée.

Lignes de terre.

Art. 49. Toutes les parties d'une ligne de terre doivent être en cuivre. La ligne de terre (fil, câble ou ruban) ne doit pas avoir une section inférieure à 25 millimètres carrés. Cette ligne sera reliée avec les objets à mettre à la terre et avec la plaque de terre, de façon à assurer un bon contact électrique et un assemblage mécanique offrant toute sécurité. Les lignes de terre seront établies comme les conduites à fort courant et devront être séparées des autres lignes. Dans les installations à haute tension, on établira les lignes de terre des parafoudres de manière qu'il ne soit pas possible de les toucher.

La plaque de terre sera formée d'une tôle de cuivre d'au moins 1 mètre carré de surface et de 1 millimètre d'épaisseur ou d'un réseau étendu de conduites d'eau ou de toute autre masse métallique reliée à la terre dont la conductibilité serait équivalente.

Lorsqu'il s'agit de lignes de terre pour parafoudres, haubans et filets de protection, on pourra réduire la surface de la plaque de terre à 1/4 de mètre carré.

Les conduites de gaz ne doivent être utilisées ni comme plaque de terre ni comme ligne de terre.

Les plaques de terre devront être placées à une profondeur d'au moins 1 mètre et dans un sol aussi humide que possible, ou mieux encore dans l'eau. Dans le cas où ces deux conditions ne seraient pas réalisables, il y aura lieu d'augmenter la surface des plaques de terre.

Fils. — Lignes.

Art. 50. La flèche et la tension de rupture des fils pour

lignes aériennes seront choisies de telle sorte qu'à moins 20 degrés centigrades on ait encore au minimum une sécurité de 5 à la rupture en tenant compte seulement du poids propre des fils.

On ne devra pas employer de fils en cuivre d'un diamètre inférieur à 3 millimètres. Pour les fils d'autres métaux le diamètre minimum devra être tel qu'on obtienne la même résistance absolue de rupture.

Les fils de cuivre allant jusqu'à 8 millimètres de diamètre doivent avoir une tension de rupture d'au moins 30 kilogr. par millimètre carré.

Si ces fils sont soumis à d'autres efforts que ceux résultant de leur poids propre, ou à des efforts mécaniques, comme c'est le cas pour les lignes de contact pour tramways et chemins de fer électriques, leur tension de rupture devra être d'au moins 35 kilogrammes par millimètre carré.

Art. 51. On emploiera toujours pour les poteaux du bois sain et bien injecté, pour autant du moins que les circonstances locales en permettront l'acquisition sans trop de frais.

Le diamètre des poteaux en sapin ne devra pas être inférieur aux dimensions suivantes :

Longueur totale du poteau.	Diamètre minimum à la base.	Diamètre minimum au sommet.
8 mètres.	0m,18	0m,12
10 —	0 ,20	0 ,12
12 —	0 ,24	0 ,15
16 —	0 ,28	0 ,15
20 —	0 ,32	0 ,15

L'extrémité des poteaux sera protégée par une cape métallique. Les poteaux seront plantés à une profondeur suffisante en tenant compte de la résistance du sol ; ils seront ensuite bien calés, au besoin bétonnés et si cela est nécessaire munis d'un hauban ou d'une contre-fiche.

Les haubans qui seront assujettis aux maisons devront être fixés si possible dans la maçonnerie ; ceux qui seront assujettis à des parties combustibles devront être reliés électriquement à la terre en dehors de la maison, conformément à l'article 51. Si la mise à la terre n'est pas possible, les haubans devront être isolés des parties combustibles du bâtiment.

Art. 52. Les portées suivantes ne devront pas être dépassées pour les lignes aériennes en fils nus :

Pour une ligne dont la section totale des fils de cuivre égale 100 millimètres carrés ou pour un poids équivalent de fils d'autres métaux : 50 mètres de portée ;

Pour une ligne dont la section totale des fils de cuivre est comprise entre 100 et 200 millimètres carrés ou pour un poids équivalent de fils d'autres métaux : 45 mètres de portée ;

Pour une ligne dont la section totale des fils de cuivre dépasse 200 millimètres carrés ou pour un poids équivalent de fils d'autres métaux : 40 mètres de portée.

Dans les angles et pour les lignes en pente ainsi qu'aux croisements avec d'autres lignes ou avec des chemins de fer, aux passages au-dessus de routes et dans les contrées où l'on peut craindre de fortes chutes de neige, il y aura lieu de réduire les portées.

Les portées supérieures à celles spécifiées ci-dessus ne doivent être employées qu'exceptionnellement, par exemple à la traversée de fleuves, etc., où il serait impossible d'obtenir une portée plus réduite.

Art. 53. Les poteaux en bois porteront d'une manière bien visible et durable la date de leur installation et leur numéro courant.

Art. 54. Les poteaux en alignement seront calculés de manière à offrir une sécurité minima de 1 à la rupture en admettant que tous les fils rompent d'un seul côté et en tenant compte de l'effort du vent sur les poteaux.

Les poteaux d'angle devront en outre offrir une sécurité de 3 à la rupture, en prenant pour base du calcul l'effort maximum réel et en tenant compte des ancrages.

Dans les calculs statiques on admettra une pression du vent égale à 100 kilogrammes par mètre carré de surface frappée normalement.

Pour les corps cylindriques comme les poteaux et les fils on ne comptera que les 7/10 de la pression normale du vent.

Art. 55. Il est défendu d'augmenter la longueur d'un poteau en bois par l'assemblage de plusieurs poteaux en bois.

Art. 56. La fixation de lignes ou de fils d'ancrage à des paratonnerres ou à d'autres constructions qui n'offrent pas

la solidité voulue, telles que cheminées, balustrades de toitures, etc., est interdite.

Lignes aériennes à haute tension.

Art. 57. Pour les lignes à haute tension, les prescriptions suivantes devront être rigoureusement observées :

a) Les isolateurs ou les poteaux seront marqués en rouge.

b) Dans les endroits fréquentés, les poteaux seront munis d'une inscription apparente mettant le public en garde contre les dangers de la haute tension; il en sera de même des consoles fixées contre les murs ou sur les toits dans le cas où elles porteront des lignes à haute tension. Ces inscriptions devront, en gros caractères bien lisibles, avertir le public du danger de mort résultant du fait de toucher les lignes.

Les propriétaires d'installations électriques à haute tension sont en outre tenus de faire afficher dans toutes les localités alimentées par leur réseau et sur les places publiques, des instructions mettant le public en garde contre les dangers des lignes et indiquant les mesures à observer lorsque des fils rompus traînent à terre.

Art. 58. Les lignes de distribution à haute tension qui alimentent des centres de distribution isolés doivent être munies d'interrupteurs de lignes à l'endroit où elles quittent la ligne principale.

Les centres de distribution les plus importants doivent être reliés par téléphone à la station centrale. Les fils du téléphone peuvent, dans ce cas, être montés sur les poteaux de la ligne à haute tension à la condition d'isoler de la terre les appareils téléphoniques et l'emplacement devant l'appareil ou d'intercaler dans la ligne téléphonique immédiatement avant l'appareil un transformateur isolé pour la haute tension.

Les stations téléphoniques doivent, en tout temps, être accessibles à la police locale et aux pompiers. Il faudra en outre désigner dans chaque centre de distribution un homme connaissant à fond les installations, pour manœuvrer les interrupteurs de ligne en cas de nécessité.

Lignes à haute et à basse tension. Lignes parallèles et croisements.

Art. 59. Autant que possible on évitera de poser sur les mêmes poteaux des lignes à haute et à basse tension parallèles entre elles.

Dans les endroits où cela ne pourra pas être évité on devra placer la ligne à haute tension au-dessus de la ligne à basse tension.

La distance entre les fils de ces deux lignes ne devra pas être inférieure à 1 mètre.

Art. 60. Aux points de croisement entre une ligne à haute tension et une ligne à basse tension, la ligne à haute tension passera au-dessus de l'autre.

Le croisement se fera ou bien sur le même poteau avec une distance minima de 1 mètre entre les deux lignes, ou bien entre deux poteaux placés aussi près que possible l'un de l'autre; dans ce cas, la distance minima entre les lignes devra être de $1^{m},50$.

Les croisements entre lignes à haute tension et lignes à basse tension de différents réseaux de distribution, alimentés par la même station centrale ou des stations différentes, seront aussi exécutés d'après les prescriptions ci-dessus.

Art. 61. Pour les lignes parallèles et pour les croisements, les poteaux seront munis de bras ou cadres de protection enserrant les fils à haute tension et indépendants des ferrures d'isolateurs (suivant les prescriptions de l'article 95) pour empêcher la chute des fils en suite du bris d'isolateurs et arrachement ou bris des ferrures d'isolateurs. Les fils devront être fixés aux isolateurs de telle sorte qu'aucun glissement ne puisse se produire (joint-arrêt).

Passages de lignes à haute tension au-dessus de places et de routes.

Art. 62. Aux croisements de routes et chemins on plantera un poteau de chaque côté de la route, et pour éviter leur chute sur la route on les munira, si possible, d'un ancrage ou d'une contre-fiche.

Les fils ne devront présenter aucune soudure ni aucun rac-



cord dans la portée du croisement et de deux portées adjacentes.

Art. 63. Les lignes à haute tension passant au-dessus de places publiques ou posées le long de routes devront être munies de bras ou cadres de protection d'après les prescriptions de l'article 95, comme aux croisements avec des lignes à basse tension ou lorsque les lignes sont parallèles.

Art. 64. Le point le plus bas des fils inférieurs sera au minimum à 6 mètres du sol; aux traversées de routes et chemins carrossables la hauteur minima sera portée à 8 mètres.

Art. 65. Les conducteurs doivent être à une distance telle des arbres fruitiers ou des parties accessibles des maisons qu'on ne puisse les atteindre sans employer des moyens spéciaux.

Mise à la terre. — Isolement d'avec la terre.

Art. 66. Les machines, transformateurs et supports d'appareils devront être soigneusement reliés à la terre (art. 49), ou isolés du sol pour la tension du courant qui les traverse.

Si on les relie à la terre, les machines à haute tension seront soigneusement reliées avec toutes les pièces métalliques de l'installation que l'on peut toucher pendant la manœuvre (circuit conducteur excepté).

Si on les isole, ces machines à haute tension seront entourées d'un plancher isolant en bois ou en toute autre matière isolante, de telle sorte qu'on ne puisse les atteindre que lorsqu'on se trouve sur ce plancher à moins que l'accès n'en soit défendu par une balustrade. On veillera aussi à ce qu'on ne puisse toucher simultanément des parties isolées et des parties non isolées de l'installation.

Dans le cas où des machines à haute tension isolées sont accouplées avec d'autres machines non isolées au moyen de manchons n'offrant aucun contact métallique, il y aura lieu de relier à la terre les machines non isolées.

Le circuit d'excitation de machines à haute tension isolées du sol est considéré comme faisant partie de ces dernières.

Le Conseil fédéral se réserve d'autoriser des exceptions à cette règle.

Art. 67. Les transformateurs qui ne sont accessibles qu'à un personnel expérimenté peuvent être isolés de la terre sans

qu'un plancher isolant soit dans ce cas nécessaire, mais à la condition expresse d'établir une ligne de terre, suivant les prescriptions de l'article 49, toutes les fois qu'on doit manipuler le transformateur.

Art. 68. Les chevalets et pylônes en fer devront être reliés à la terre conformément à l'article 49. Il n'est pas nécessaire de les munir de tige et de pointe de parafoudre spéciales.

Emplacement des transformateurs.

Art. 69. On devra éviter autant que possible de placer dans les maisons des transformateurs et autres appareils à haute tension. Dans les cas où l'on ne pourra faire autrement, on établira pour le transformateur un local incombustible qui ne devra présenter dans aucune de ses parties de matériaux combustibles.

Les transformateurs et autres appareils à haute tension placés ainsi dans les maisons devront être en tout temps immédiatement accessibles au personnel de service et aux pompiers.

Travaux de lignes, etc.

Art. 70. Dans les cas où l'on devra exécuter à des installations à fort courant des travaux qui pourraient occasionner un danger ou une perturbation pour une autre installation à fort courant ou à faible courant, le propriétaire de l'installation en construction ou en réparation doit observer les règles suivantes:

1. Prendre les dispositions voulues pour éviter les perturbations et les dangers ;
2. Aviser à temps les propriétaires des autres installations pour que ces derniers puissent prendre de leur côté les mesures de sécurité voulues.

Art. 71. Dans les installations à haute tension, il ne devra, pendant l'exploitation, être fait aucune réparation quelconque ni aux lignes ni à aucune partie de l'installation parcourue par le courant.

Il est recommandé, pour tous les travaux, de fixer aux lignes entre la source de courant et la personne qui travaille, un appareil de mise en coupe-circuit relié à la terre.

Art. 72. La manœuvre d'interrupteurs ainsi que le remplacement de coupe-circuits ne sont pas considérés comme des travaux en ce qui concerne les précautions indiquées ci-dessus.

Dans les stations centrales et les sous-stations (stations de transformateurs) on pourra, dans les cas urgents, exécuter des travaux aux parties parcourues par du courant à haute tension, mais seulement sur les indications et sous la surveillance du chef de l'exploitation ou de son remplaçant. Un homme seul et sans surveillance ne devra en aucun cas exécuter ces travaux.

Art. 73. Dans le cas où des lignes à basse tension doivent être utilisées pour de la haute tension, il y a lieu de les modifier conformément aux prescriptions pour les lignes à haute tension.

Art. 74. Les faisceaux de lignes qui seraient mis hors de service pendant un certain temps devront être immédiatement enlevés ou entretenus et contrôlés comme des lignes en service.

Les faisceaux de fils mis hors service devront être reliés soigneusement entre eux et avec la terre.

Art. 75. Les lignes qui ne sont prévues que pour un service temporaire, devront être exécutées dans toutes leurs parties conformément aux prescriptions ci-dessus.

Exploitation.

Art. 76. On devra afficher dans toutes les stations centrales et les stations de moteurs les plus importantes, les prescriptions suivantes :

a. Le règlement général de l'exploitation.

b. Le règlement de service spécial de la station.

c. Le schéma des connexions des machines et appareils.

d. Les instructions pour les premiers soins à donner en cas d'accident.

Art. 77. Les indications des appareils de mesure et de contrôle du tableau doivent être relevées à intervalles réguliers et inscrites sur les feuilles de rapport, sur lesquelles doivent être mentionnés en outre tous les faits pouvant intéresser l'exploitation ainsi que les résultats des essais périodiques d'isolation et les essais ou vérifications de toute nature.

Revisions.

Art. 78. Les lignes aériennes et spécialement les poteaux doivent être soumis à un contrôle régulier.

Les poteaux et fils défectueux devront être remplacés à temps, c'est-à-dire avant qu'ils ne puissent occasionner du danger; en cas de contestation, les autorités de contrôle fixeront la date du remplacement.

Les inspections des poteaux et des fils traversant les places, routes et chemins de fer ainsi que des croisements de lignes et des lignes parallèles entre elles, devront être particulièrement fréquentes et minutieuses.

L'isolement de toute installation doit être maintenu aussi parfait que possible et sera mesuré et noté à intervalles réguliers. On reverra en même temps très soigneusement toutes les lignes de terre.

Lignes souterraines.

Art. 79. Les câbles armés peuvent être posés sans autre dans la terre; les câbles non armés doivent être protégés mécaniquement par des canaux en matériaux durables.

Les conducteurs neutres des distributions par courant continu à plusieurs conducteurs peuvent être posés nus et sans protection aucune.

Art. 80. Les câbles pour haute tension doivent être armés ou placés dans des canaux de protection spéciaux en briques, ciment, fer ou autres matières semblables; les câbles pour haute tension et ceux pour basse tension ne doivent pas être posés dans les mêmes canaux.

On pourra poser dans une même fouille plusieurs canaux (pour haute et basse tension) en briques, ciment, fer, bois imprégné, etc.

Plans, etc.

Art. 81. On établira pour les stations de production de courant et les sous-stations, les schémas des tableaux, pour les lignes et réseaux aériens les plans de situation avec indication de la position des sous-stations, transformateurs, interrupteurs de lignes, coupe-circuits et parafoudres. Un exemplaire de ces plans sera remis à l'autorité de contrôle et tous les change-

ments apportés aux installations seront reportés régulièrement sur ces plans et seront signalés en même temps au contrôle.

En ce qui concerne la consommation de courant, les plans mentionnés ci-dessus porteront l'indication des tensions et débits des tranformateurs et moteurs électriques.

Art. 82. Les entreprises électriques s'entendront avec les autorités locales pour que dans toute localité pourvue d'un réseau aérien il y ait dans le corps des pompiers des personnes connaissant les lignes aériennes et les travaux qui s'y rapportent.

III. Lignes a fort et a faible courant. Lignes parallèles et croisements.

1. *Lignes parallèles.*

Art. 83. *a*. On évitera autant que possible de poser sur les mêmes poteaux des lignes à fort et à faible courant parallèles entre elles.

b. Lorsqu'on ne pourra l'éviter, par exemple dans les distributions à fort courant qui exigent l'installation sur les mêmes poteaux d'une ligne de téléphone ou de signaux, on placera la ligne à fort courant au-dessus de l'autre.

c. La distance entre les fils de ces deux conduites ne devra pas être inférieure à un mètre.

d. Lorsqu'on a spécialement une ligne à haute tension et une ligne à faible courant sur les mêmes poteaux, on munira les réseaux à haute tension de bras ou cadres protecteurs indépendants des ferrures d'isolateurs pour empêcher la chute des fils à haute tension en suite de bris d'isolateurs, rupture ou arrachements de ferrures d'isolateurs. Ces dispositifs de protection seront construits conformément aux dispositions de l'article 95. Les fils seront dans ce cas attachés aux isolateurs au moyen du joint-arrêt (art. 61).

e. Dans les installations de téléphone ou de signaux qui servent exclusivement à l'exploitation de l'installation à fort courant, on pourra se passer des dispositifs protecteurs mentionnés plus haut, à la condition d'isoler les stations de téléphones ou de signaux pour la haute tension et de placer devant ces appareils un plancher isolant, de telle sorte qu'il n'y ait aucun danger dans la manipulation des appareils, même

dans le cas où la haute tension y aurait pénétré. Les lignes de téléphone ou de signaux sont assimilées dans ce cas aux lignes à haute tension, en ligne courante comme à l'intérieur des bâtiments.

Art. 84. Dans le cas où des lignes à faible courant sont parallèles à des lignes à haute tension et sont portées par des poteaux voisins de ceux de cette dernière ligne, on prendra les mesures voulues pour éviter la chute des poteaux de l'une des lignes sur l'autre en adoptant une distance suffisante entre les poteaux des deux lignes ou en les munissant de haubans ou contre-fiches ou encore en employant des poteaux métalliques bétonnés dans le sol.

2. *Croisements.*

A. Dispositions générales.

Art. 85. *a.* Pour les croisements entre lignes à faible courant et lignes à fort courant, il faudra tâcher, autant que le permettra le genre de constructions de la localité, de faire passer les lignes à faible courant au-dessous des lignes à fort courant.

b. Lorsque les circonstances obligeront à faire passer les fils à faible courant au-dessus des fils à fort courant, on cherchera à diminuer le plus possible le nombre des croisements en réunissant en faisceaux les fils à faible courant.

c. Dans les croisements de conduites souterraines à faible et à fort courant ou lorsque ces conduites sont placées parallèlement, on observera une distance minima de 50 centimètres entre ces conduites.

Art. 86. Aux points de croisements entre lignes à faible et à fort courant on devra dans tous les cas observer les distances minima suivantes entre les fils des deux systèmes :

1 mètre pour les croisements sur le même poteau.

1^{m},50 pour les croisements sur des poteaux différents (portée libre).

Art. 87. Dans le cas de croisement en portée libre, c'est-à-dire lorsque les lignes ne sont pas fixées au même poteau, les fils de la ligne supérieure ne devront présenter aucune soudure ni aucun raccord, soit dans la portée du croisement, soit dans les deux portées adjacentes.

Les fils de la ligne supérieure seront fixés aux isolateurs au moyen du joint-arrêt (art. 61).

Art. 88. *a.* On ne devra employer pour les croisements de lignes à faible courant au-dessus de lignes à fort courant que des fils de bronze ou d'acier d'au moins 2 millimètres de diamètre.

b. La portée n'excédera pas dans la règle 30 mètres pour des fils en bronze et 50 mètres pour des fils en acier.

c. La section et la flèche des fils seront calculées pour une sécurité d'au moins 5 à la rupture pour une température de moins 20 degrés centigrades, en faisant entrer dans le calcul le poids propre des fils seulement.

Art. 89. Les poteaux de la ligne supérieure seront calculés pour une sécurité d'au moins 2 à la rupture pour une température de moins 20 degrés centigrades. On admettra pour le calcul le cas le plus défavorable, où tous les fils cassent d'un seul côté, et l'on tiendra compte des ancrages.

B. Croisements de lignes à faible courant avec des lignes à basse tension.

Art. 90. *a.* Pour les croisements de lignes sur poteaux on fera passer les fils à basse tension au-dessus des autres et l'on fixera les fils des deux lignes au même poteau.

b. Si le croisement sur le même poteau n'est pas possible mais doit se faire entre deux poteaux ou en d'autres points fixes, on réduira le plus possible la portée de la ligne supérieure.

Art. 91. Il n'y aura lieu de prendre d'autres mesures de précaution, telles que filets, etc., pour les croisements de lignes à basse tension au-dessus de lignes à faible courant, que pour les installations à fort courant qui utilisent la terre où des rails en contact avec la terre pour le retour du courant,

Les prescriptions de l'article 28 font règle en ce qui concerne les travaux de lignes aux points de croisement.

C. Croisements de lignes à faible courant avec des lignes à haute tension.

Art. 92. On évitera autant que possible pour ces croisements de fixer les fils des deux lignes au même poteau mais on opérera le croisement sur poteaux séparés en diminuant le plus possible la portée de la ligne supérieure.

Si l'on est obligé de fixer les fils des 2 lignes sur le même poteau et de faire passer en outre les fils de la haute tension au-dessous des autres fils, on devra placer entre les fils des 2 lignes un dispositif métallique de garde fixé au poteau et dont le but sera d'empêcher tout contact entre les lignes si les fils supérieurs viennent à rompre. Ce dispositif de garde sera relié à la terre conformément à l'article 49.

Art. 93. On installera à tous les points de croisements d'une ligne à haute tension passant au-dessus d'une ligne à faible courant, des bras ou cadres protecteurs conformes aux prescriptions de l'article 95 pour empêcher la chute des fils à haute tension en suite de bris d'isolateurs, rupture ou arrachement des ferrures d'isolateurs.

Art. 94. Lorsque les fils à faible courant passent en portée libre au-dessus des fils à haute tension, on installera autour des premiers et sur 3 côtés un filet protecteur ou bien on enserrera les fils à haute tension dans un filet complètement fermé de tous côtés. On évitera de choisir pour les croisements les endroits où un filet pourrait occasionner un danger.

3. *Propriétés des dispositifs de sûreté.*

A. Bras ou cadres de garde.

Art. 95. *a.* Les bras ou cadres de garde contre la chute des fils en suite des bris d'isolateurs, rupture ou arrachement des ferrures d'isolateurs, seront construits en fers solides et de manière à prévenir sûrement la chute des fils et leur contact avec d'autres fils.

b. A cet effet, les cadres de garde seront complètement fermés sur eux-mêmes ou bien les bras seront recourbés jusqu'au-dessus de la tête des isolateurs.

c. La distance minima entre les bras ou les cadres de garde et les fils conducteurs sera de 10 centimètres.

B. Filets de garde.

Art. 96. *a.* Les cadres de fixation des filets seront construits sur les poteaux et posés de telle façon que la tension qu'exercent les fils du filet ne déforme pas les cadres, même en cas de chute de neige, et que le filet conserve sa forme primitive.

b. Les cadres seront disposés pour la fixation des fils longi-

tudinaux de façon à pouvoir ou bien fixer les isolateurs voulus, si le filet doit être isolé, ou obtenir un bon contact entre les fils transversaux et avec la terre, si le filet doit être mis à la terre.

Art. 97. La distance minima entre les filets ou les cadres de filets et les fils conducteurs ne doit à aucune température être inférieure à

20 centimètres en distance horizontale.
40 centimètres en distance verticale.

Art. 98. *a.* On emploiera pour les fils longitudinaux à défaut de câbles porteurs plus forts du fil d'acier galvanisé d'au moins 3 millimètres de diamètre et 140 kilogrammes par mètre carré de tension de rupture. La distance entre les fils longitudinaux ne doit pas être inférieure à 25 centimètres.

b. Si l'on emploie 2 ou plusieurs câbles porteurs en acier d'au moins 4 millimètres de diamètre, on pourra réduire à 2 millimètres de diamètre des autres fils longitudinaux.

c. Les câbles porteurs et les fils longitudinaux devront être munis de tendeurs.

Art. 99. Les fils transversaux seront en fer, acier ou cuivre et auront un diamètre d'au moins 15 millimètres.

Art. 100. Les fils longitudinaux et transversaux devront être attachés ensemble à leurs points de croisements au moyen de fil de ligature ou de manchons étamés qui rendent impossible tout glissement des fils transversaux. Les soudures devront se faire sans l'emploi de substances décapantes acides.

Art. 101. Les filets, c'est-à-dire leurs fils longitudinaux, seront convenablement isolés des cadres pour la tension du courant ou bien soigneusement reliés à la terre conformément à l'article 49.

Art. 102. On réduira le plus possible la longueur des filets et on leur donnera une flèche suffisante pour éviter les effets dangereux des charges de neige ou de glace.

Art. 103. Les poteaux qui devront porter les filets seront choisis assez forts et munis des haubans ou des contre-fiches nécessaires.

IV. Croisements de lignes électriques avec des chemins de fer sur plate-forme indépendante.

1. *Dispositions générales.*

Art. 104. Pour les croisements de lignes électriques avec des chemins de fer sur plate-forme indépendante on fera de préférence passer les lignes électriques au-dessus de la voie (croisement supérieur).

Si les conditions locales exigent pour un passage supérieur des pylones très élevés ou rendent difficile la pose de ces derniers, on pourra aussi faire passer les lignes électriques au-dessous de la voie (croisement inférieur).

Art. 105. On cherchera, pour assurer le mieux possible la sécurité de l'exploitation, à concentrer ces croisements supérieurs en quelques points seulement.

2. *Croisements supérieurs de lignes électriques.*

A. Dispositions générales.

Art. 106. *a.* Pour réduire l'effort exercé sur les pylones on cherchera à traverser le chemin de fer perpendiculairement à l'axe de la voie et avec une portée aussi petite que possible.

b. Si par contre le tracé général de la ligne électrique traverse obliquement la voie, on devra autoriser également cette traversée oblique pour réduire au minimum l'effort latéral qui s'exerce sur les pylones et éviter les angles trop aigus.

Art. 107. Pour réduire le plus possible la portée on pourra autoriser également la pose des poteaux ou pylones sur le terrain même du chemin de fer aussi près que le permettront la sécurité de l'exploitation et la vue des signaux.

Art. 108. Les poteaux ou pylones placés près de la voie ou sur la plate-forme du chemin de fer seront calculés pour une sécurité d'au moins 2 à la rupture en tenant compte des ancrages et en admettant que toutes les lignes de la portée adjacente rompent simultanément. On fera entrer dans le calcul le poids propre du pylone, le poids propre des fils et la pression du vent sur le pylone, en négligeant la flexion qui se produit dans la construction quand l'effort s'exerce d'un seul côté.

Art. 109. Les poteaux en bois devront être munis de contre-

fiches ou de haubans de manière à prévenir leur chute sur la voie s'ils venaient à casser à la base.

Art. 110. *a.* Les fondations des poteaux ou pylones placés près de la voie ou sur la plate-forme du chemin de fer seront établies au moyen d'un massif de béton ou de maçonnerie offrant la même solidité.

b. Les fondations seront calculées pour une sécurité d'au moins 1 au renversement en admettant que le pylone avec son massif de fondation repose librement sur le sol, c'est-à-dire en négligeant complètement le frottement du sol sur le massif de fondation.

On fera entrer dans le calcul le poids propre du pylone, le poids propre des fils et la pression du vent sur le pylone en négligeant la flexion qui se produit dans la construction quand l'effort s'exerce d'un seul côté.

c. Les fondations des ancrages devront offrir une sécurité d'au moins 1 à l'arrachement en admettant pour le calcul les mêmes données que ci-dessus.

Art. 111. Les fils ne devront présenter aucune soudure ni aucun raccord, soit dans la portée du croisement, soit dans les deux portées adjacentes. On emploiera pour la fixation des lignes aux isolateurs le joint-arrêt (art. 61).

Art. 112. La hauteur des fils au-dessus des rails devra être aussi faible que possible et sera déterminée en tenant compte de la flèche produite par la neige, le givre, etc., de manière à ménager le profil d'espace libre du chemin de fer, la hauteur nécessaire pour les lignes de signaux ou autres courant le long de la voie et la vue des signaux de la voie.

B. Croisements supérieurs de lignes à faible courant.

Art. 113. L'emploi des poteaux en bois bien injectés est autorisé pour les croisements supérieurs de lignes à faible courant.

Art. 114. *a.* Aux points de croisements du chemin de fer et dans les deux portées adjacentes on ne devra employer aucun fil d'acier ou de bronze inférieur à 2 millimètres de diamètre ni aucun fil de fer au-dessous de 3 millimètres de diamètre. Les fils de fer et d'acier devront être galvanisés.

b. La section et la flèche de ces fils seront déterminées de façon à obtenir à la température de moins 10 degrés centi-

grades une sécurité d'au moins 5 à la rupture en tenant compte seulement du poids propre des fils.

C. Croisements supérieurs de lignes à fort courant.

Art. 115. L'emploi des poteaux en bois bien injectés est autorisé pour les croisements supérieurs de lignes à basse tension; par contre on ne devra employer pour les lignes à haute tension que des constructions métalliques (tubes, pylones à treillis, etc.).

La fixation des ferrures d'isolateurs à des pièces de bois prises dans la construction métallique est autorisée.

Art. 116. *a*. On emploiera pour les lignes, à l'endroit du croisement et dans les deux portées adajcentes, des fils de cuivre d'au moins 6 millimètres de diamètre ou d'autres fils ou câbles possédant chacun une tension absolue de rupture d'au moins 800 kilogrammes.

b. La section et la flèche de ces fils ou câbles seront calculées de manière à obtenir, à la température de moins 20 degrés centigrades, une sécurité d'au moins 10 à la rupture en ne tenant compte que du poids propre des fils.

Art. 117. On installera aux croisements supérieurs de lignes à fort courant des bras ou cadres de protection fixés aux poteaux ou pylones, pour empêcher la chute des fils en suite des bris d'isolateurs, rupture ou arrachement des ferrures d'isolateurs. Ces dispositifs de protection seront établis conformément aux prescriptions de l'article 95.

Art. 118. Les croisements de lignes électriques entre elles au point de croisement avec une voie de chemin de fer sont réglés par les prescriptions générales concernant la construction de lignes à faible et à fort courant et les croisements entre ces diverses lignes.

3. *Croisements inférieurs de lignes électriques*

A. Dispositions générales.

Art. 119. Pour les croisements de lignes à fort courant au-dessous de la plate-forme d'un chemin de fer, on pourra employer soit des fils ou des câbles imperméables placés dans des canaux évidés ou des tuyaux en fer, soit aussi des câbles imperméables placés directement dans le sol.

Art. 120. Les canaux ou les câbles placés sous la voie de-

vront être à une profondeur suffisante au-dessous des traverses pour ne pas gêner les travaux d'entretien et ne pas risquer d'être détériorés pendant ces travaux.

Art. 121. Les canaux pour croisements inférieurs seront établis en fer, béton ou maçonnerie, de telle sorte que la solidité de la voie et la sécurité de l'exploitation n'en soient diminuées en aucune façon.

Art. 122. On pourra utiliser pour les croisements inférieurs de lignes électriques les passages inférieurs existants pour routes, cours d'eau, etc., s'ils offrent la place voulue; les lignes seront dans tous les cas disposées de façon à ne pas gêner les travaux de revision ou de réparation de la voie (voir l'article 124).

Art. 123. Les derniers poteaux ou pylones avant le croisement inférieur seront calculés pour une sécurité de 2 au renversement en admettant qu'ils reposent avec leur massif de fondation librement sur le sol et en prenant pour le calcul l'effort réel résultant du poids des fils, du poids propre de la construction et de la pression du vent sur le pylone; la sécurité à la rupture sera de 5 dans les mêmes conditions en tenant compte en outre des ancrages, s'il y en a.

B. Croisements inférieurs de lignes à fort courant.

Art. 124. Les conduites électriques devront être établies et entretenues aux points de passage des lignes aériennes aux lignes souterraines et dans la partie sous la voie, de manière à empêcher, pour le personnel du chemin de fer et les tiers, tout contact avec une partie transmettant le courant, sans l'emploi de moyens spéciaux.

Si l'on utilise pour les conduites électriques des routes ou autres passages en sous-voie pour piétons, on prendra les mesures voulues pour empêcher tout contact avec les lignes sans l'emploi de métaux spéciaux. — Il y aura lieu de satisfaire en outre aux prescriptions de l'article 122.

Les dispositions des articles 122 et 124 ne s'appliquent pas aux lignes de contact des chemins de fer électriques.

V. Lignes électriques parallèles aux chemins de fer sur plate-forme indépendante.

Art. 125. L'établissement de lignes électriques à faible et à

fort courant parallèles aux chemins de fer sur plate-forme indépendante est réglé par les prescriptions générales sur les lignes électriques. — On pourra autoriser la pose de ces lignes sur le terrain même du chemin de fer pour autant que la place nécessaire aux conduites électriques du chemin de fer et aux lignes télégraphiques et téléphoniques ainsi que la vue des signaux le permettront.

Art. 126. Si l'on emploie pour les lignes à fort courant des poteaux en bois, il y aura lieu de les munir de contre-fiches ou de haubans métalliques pour empêcher leur chute sur la voie s'ils venaient à casser à la base.

VI. Dispositions transitoires.

Art. 127. Les présentes prescriptions entrent en vigueur le 1er août 1899. Sont abrogées à partir de cette date toutes les dispositions contraires au présent arrêté, notamment l'ordonnance du 7 décembre 1889 sur l'établissement de lignes télégraphiques et téléphoniques.

Art. 128. Ces prescriptions sont applicables dans toute leur étendue à l'établissement de nouvelles installations électriques. Le Conseil fédéral peut fixer des délais et autoriser certaines dérogations en ce qui concerne l'application de ces prescriptions à des installations déjà existantes.

Art. 129. Le Département des Postes et Chemins de fer est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Berne, le 7 juillet 1899.

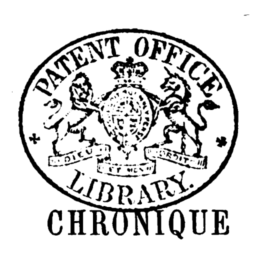
Au nom du Conseil fédéral suisse,

Le président de la Confédération :

MÜLLER.

Le chancelier de la Confédération :

Ringier.



CHRONIQUE

Grues électriques en Chine.

Le progrès s'introduit en Chine avec une rapidité extraordinaire, et, en même temps qu'on se met à y construire de façon intensive des voies ferrées, voici que l'on commence d'y monter des grues électriques, ce qui est encore une rareté dans la plupart des pays européens. Une maison allemande (car l'industrie allemande est fort appréciée dans l'Empire du Milieu) est chargée de monter une grue électrique de 150 tonnes sur les quais du port bien connu de Kiao-Chow. Elle sera du reste très habilement comprise, en ce sens qu'elle comportera en réalité deux tambours de levage d'une force individuelle de 75 tonnes chacun, et qu'on pourra employer soit isolément soit couplés; il y aura de plus un petit treuil de 2 1/2 tonnes seulement pour les charges réduites. Naturellement la grue en question sera tournante et son bras pourra prendre les inclinaisons les plus diverses, ces mouvements subsidiaires étant commandés par des moteurs électriques secondaires.

(*La Nature*, 16 septembre 1899.)

La traction électrique dans les usines.

La traction électrique peut être utilisée avec grand avantage dans les manutentions d'usine. Le *Bulletin de la Compagnie Thomson-Houston* cite à ce sujet quelques chiffres comparatifs en ce qui concerne l'économie réalisée dans certaines usines, qui ont remplacé la traction animale par la traction électrique. Dans une manufacture de coton aux États-Unis, 3 hommes et 5 chevaux assuraient par jour la

remorque de 11 wagons de coton. La dépense totale était de 42f,50 par jour, soit 3f,85 par wagon. L'installation d'une machine électrique permet actuellement de faire trois voyages par heure en remorquant 4 wagons à chaque voyage, ou de remorquer 35 wagons par jour pour une dépense totale de 13f,75, soit 0f,40 par wagon. Une installation importante a été faite à l'usine de la Whitin Machine C°, à Whitinsville (Massachusetts), aux États-Unis. Le service de traction animale exigeait 2 paires de bœufs et 2 conducteurs, 16 chevaux et 8 conducteurs, ainsi que deux équipes de 6 hommes, dont une au dépôt et l'autre à l'usine. En comptant l'intérêt du capital à 6 pour 100, l'amortissement du matériel, les soins et la nourriture des animaux, ainsi que les salaires des conducteurs et des équipes, les dépenses totales atteignaient par an 66 425 francs. On a remplacé la traction animale par la traction électrique. L'installation comprend une dynamo génératrice et une locomotive électrique actionnée par un moteur électrique de 100 chevaux. Ce moteur est placé sur l'essieu d'avant ; des bielles d'accouplement réunissent les deux essieux. La ligne de déplacement a une longueur de 2 500 mètres avec une pente de 3 pour 100 sur une centaine de mètres. Les dépenses totales annuelles, pour assurer, avec la traction électrique, le même service que précédemment, ont été de 25 030 francs, y compris l'intérêt du capital à 6 pour 100 et l'amortissement du matériel à 4 pour 100. L'économie réalisée dans une année a donc atteint 62,7 pour 100.

(*La Nature*, 16 septembre 1899.)

Expériences sur les voitures de livraison électriques aux Etats-Unis.

Deux ingénieurs électriciens américains, MM. G. C. Sever et R. A. Fliess, viennent de se livrer à de longues et minutieuses recherches comparatives sur le prix de revient du fonctionnement des voitures de livraison, à traction par chevaux ou à traction électrique, dans la ville de New-York. Ces voitures devaient répondre exactement aux besoins courants de certains magasins de nouveautés, qui nécessitent l'emploi

d'unités légères faites pour transporter des charges de 700 livres environ (de 453 grammes), à faible distance, mais à grande vitesse, chaque voiture ayant à exécuter jusqu'à trois courses dans une journée.

Les expériences, dont nous ne pouvons malheureusement donner qu'une idée fort imparfaite, furent préparées avec un soin extraordinaire ; on s'était assuré de l'effort qu'on demandait normalement aux chevaux ; ceux-ci demeuraient à l'arrêt pendant les deux tiers du temps, et, durant l'heure et demie de travail effectif, ils marchaient à une allure de 10,7 kilomètres à l'heure. Les attelages ne peuvent rester en service que cinq ans environ, et ensuite on les vend avec une perte de 50 pour 100.

Les expérimentateurs arrivèrent à cette première conclusion que, tout compris, notamment les frais d'amortissement, le coût du transport d'une tonne anglaise (de 1 016 kilogrammes) à 1 mille de distance (1 609 mètres) ressortait, avec ce moyen de locomotion, à 17,373 cents (le cent étant à peu près équivalent à 5 centimes, puisqu'il est la centième partie du dollar de 5f,18) : dans les conditions les plus favorables, cette dépense ne s'abaissait pas au-dessous de 10,2 cents. Dans le poids servant à ce calcul, on comptait toujours le poids mort et le poids utile.

L'épreuve des véhicules électriques s'est faite sur un développement de près de 100 kilomètres des rues de New-York, dans les conditions les plus diverses de température et de rampes. Pour avoir les éléments de dépenses et de fonctionnement, on mesurait les watts-heure d'énergie fournis par les accumulateurs durant la course, et l'on constatait les distances parcourues et les vitesses atteintes au moyen de cyclomètres et de tachéomètres. On est arrivé à cette affirmation qu'une voiture de livraison bien comprise ne consomme pas plus de 120 watts-heure par tonne et par mille. En prenant le prix du courant à 5 cents par kilowatts-heure, la dépense totale pour un parcours de 67 kilomètres, y compris tous frais subsidiaires, ressort à 387,77 cents, tandis qu'elle sera de 428,54 cents pour une voiture traînée par deux chevaux. Le prix de revient du transport d'une livre (de 453 grammes) de poids utile coûte 0,017 cent de moins avec l'électricité qu'avec la traction animale. Et, en tenant compte du plus grand parcours que peut faire une voiture électrique et de

son allure plus rapide, on trouve qu'elle fait le même service qu'un véhicule à deux chevaux en restant 1 heure 34 minutes de moins dehors, et en procurant une économie de 40,75 cents par jour pour chaque tonne transportée.

(*La Nature*, 16 septembre 1899.)

Distribution de l'énergie électrique en Allemagne.

La distribution de l'énergie électrique a pris depuis quelques années, en Allemagne, un développement extraordinaire. Nous avons eu la bonne fortune d'aller dans ce pays en 1898, avec M. Ch. Bos, en mission municipale pour la ville de Paris, afin de visiter les principales installations électriques et apprécier les progrès accomplis. Nous avons rapporté un grand nombre de documents intéressants, qui nous ont permis de publier récemment une étude complète de la distribution de l'énergie électrique ; nous désirons dire ici quelques mots des installations électriques.

En Allemagne, l'énergie électrique est distribuée partout et utilisée pour les applications les plus diverses, éclairage, force motrice, appareils divers, traction ; seul le chauffage électrique n'est pas encore très employé, mais on commence à installer des appareils.

Les systèmes de distribution sont les systèmes ordinaires à courants continus à 2, 3 et 5 fils, à courants alternatifs, à courants polyphasés, ainsi que les systèmes mixtes à courants continus polyphasés. Les transmissions à distance commencent à se développer, à courants polyphasés, et avec des tensions de 5 à 10 000 volts.

Les usines sont toujours installées en général dans des conditions grandioses, avec des salles de chauffe, de machines et de distribution bien aménagées, bien disposées et fortement aérées. Au 1er juillet 1894, il existait en Allemagne, 148 stations centrales, d'une puissance totale de 38 355 kilowatts ; au 1er mars 1898, on comptait 375 installations, d'une puissance totale de 111 538 kilowatts. Au 1er mars 1899, il y avait 489 stations centrales d'une puissance totale de 168 220 kilowatts, desservant 1 940 744 lampes à incandescence de

50 watts, 41 172 lampes à arc de 10 ampères, et un nombre total de moteurs et d'appareils électriques divers, correspondant à une puissance de 50 510 kilowatts. A ces installations, il faut encore ajouter les usines de traction électrique.

A la fin de 1891, trois villes seulement possédaient un réseau de traction électrique. Au 1er janvier 1899, 77 villes avaient des tramways électriques sur une longueur totale de 1 429 kilomètres et possédaient pour cette application des usines d'une puissance totale de 38 451 kilowatts. Les voitures automotrices étaient au nombre de 3 190.

Parmi les différentes stations centrales dont nous venons de parler, les unes fournissent l'énergie électrique pour toutes les applications, éclairage, force motrice, appareils divers chez les abonnés, éclairage public et service public de traction. Nous avons pu visiter des installations fort intéressantes à ce sujet à Berlin, à Hambourg et à Francfort-sur-le-Mein.

A Berlin, les usines sont au nombre de 5, dont une sous-station, et ont une puissance totale de 21 324 kilowatts. Toutes ces usines sont bien disposées, et la place a été bien utilisée. On est saisi de l'état de propreté dans lequel se trouvent tous les appareils qui sont utilisés à chaque instant. Nous ne pouvons insister ici sur tous les détails relatifs au fonctionnement des usines, aux canalisations extérieures et intérieures. Qu'il nous suffise d'indiquer qu'à la fin de 1898, la Société des usines de Berlin comptait 5 432 abonnés, chez lesquels se trouvaient 229 858 lampes à incandescence, 10 314 lampes à arc, 2 873 moteurs d'une puissance totale de 10 502 chevaux et 505 appareils divers. En 1897-1898, le prix de vente moyen du kilowatt-heure a été de 0f,2913 en comptant comme prix fondamentaux 0f,75 pour l'éclairage, 0f,20 pour les applications diverses et 0f,125 pour la traction électrique.

A Hambourg, l'énergie électrique est distribuée par deux usines, dont l'une surtout, située en dehors de la ville, est remarquable. Toutes les observations que nous avons faites plus haut s'appliquent également aux autres usines que nous avons visitées et parmi lesquelles nous citerons Munich, Hanovre, Heilbronn, Aix-la-Chapelle, Remscheid, Gera, Liegnitz, etc.

A côté des stations centrales qui alimentent à la fois le réseau de distribution et le réseau de traction, nous en trou-

vons qui ne desservent que le premier de ces réseaux. Nous trouvons là aussi des installations intéressantes, notamment à Cologne où la station centrale appartient à la ville et effectue la distribution par courants alternatifs. Mentionnons également les villes de Breslau, Bremen, Barmen, Erding, Nuremberg, Pforzheim, Stettin, Dortmund, Dusseldorf, Leipzig. Il existe également un certain nombre d'installations à gaz pauvre et à gaz riche.

La traction électrique occupe également une grande place dans les applications de l'énergie électrique. Nous avons indiqué plus haut quelques chiffres statistiques qui fixent les idées. Nous avons pu visiter plusieurs installations spéciales de traction de la Société Siemens et Halske, de l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft et de l'Union E. G.

Nous avons donné dans notre ouvrage divers renseignements sur les canalisations extérieures, sur l'appareillage, sur les canalisations intérieures, ainsi que sur les appareils d'utilisation.

Les dépenses d'installation par kilowatt utile sont assez variables. On trouve à Altona, une dépense de 2411,8 marks par kw. et à Eberfeld une dépense de 1466,2 marks par kw.; la puissance installée est respectivement de 854 et 670 kilowatts. A Berlin où la puissance mise en jeu est de 17 611 kilowatts, la dépense d'installation est de 1 352 marks par kw.; à Königsberg (783 kw.), elle est de 1 392 marks par kilowatt.

Le prix de revient du kilowatt-heure distribué, non compris intérêts et amortissement du capital, varie de 0f,104 à 0f,318. On compte en moyenne une dépense de 0f,048 pour le charbon, de 0f,0043 pour le graissage, de 0f,054 pour les salaires, de 0f,0125 pour l'entretien et de 0f,04 pour divers.

D'après les quelques renseignements que nous venons de de donner, on peut voir que la distribution de l'énergie électrique est très développée en Allemagne, et que le prix de vente en est peu élevé.

(*La Nature*, 23 septembre 1899.)

Les ascenseurs électriques en Amérique.

Il existe actuellement à New-York un bâtiment très élevé qui

a 26 étages de hauteur. Ce bâtiment est l'Ivis syndicate Building. Le journal *Engineering News* a donné la description des ascenseurs installés pour desservir cet immeuble qui renferme 950 bureaux, environ 4000 employés, et dans lequel viennent par jour près de 20000 personnes.

Tous les ascenseurs sont électriques; leur installation a été confiée à la compagnie Sprague. Ils sont au nombre de 15 de divers modèles, dont 10 ascenseurs à voyageurs: 5 montent jusqu'au 25e étage à une hauteur de 90m,50, et 5 jusqu'au 26e étage à une hauteur de 94m,10. Un autre ascenseur, pour les marchandises, monte du soubassement au 25e étage, sur une hauteur de 98m,95. Tous ces ascenseurs sont du même modèle. Ils comportent chacun un moteur électrique actionnant une vis verticale d'environ 6m,70 de longueur, qui agit sur un écrou faisant corps avec l'équipage mobile des poulies d'un palan dont le câble s'attache d'une part à un contrepoids muni d'une chaîne d'équilibre, d'autre part par l'intermédiaire de poulies de renvoi à la cage de l'ascenseur. Les mouvements de chaque ascenseur sont déterminés par un contrôleur du système Sprague; chacun d'eux est muni de plusieurs dispositifs de sûreté. Le courant qui actionne les 15 ascenseurs est fourni par une usine spéciale renfermant des dynamos Westinghouse de 200 kilowatts. Ces machines donnent 1665 ampères sur 120 volts et sont accouplées directement à des machines à vapeur horizontales compound en tandem. Une machine compound, plus petite, est accouplée directement à une dynamo Westinghouse donnant 250 ampères sous 120 volts. Une autre machine actionne directement une petite dynamo à 25 volts, servant à charger une batterie d'accumulateurs. L'intensité consommée par les ascenseurs à voyageurs doit atteindre environ 145 ampères sous 120 volts, et le nombre de kilowatts-heure par voiture-mille (1610 mètres) ne doit pas dépasser 3,5. A la descente, la dépense de courant est nulle.

J. Z.

(*La Nature*, 7 octobre 1899.)

La téléphonie en Russie.

Le nombre des réseaux téléphoniques de l'État s'est accru de

8 unités en 1898; des réseaux ont été ouverts au service public à Orenburg, Aleksandrovsk, Chortizy, Stavropol, Grosny, Chuja, Koslov et Vologda. Le tableau ci-après permet d'apprécier l'importance des réseaux actuels:

Développement des conducteurs en kilomètres.	Au 1er janvier 1898	1899	Soit, pour 1899 une augmentation de:
Réseaux d'État	24 372	28 194	3 822
Réseaux privés	25 092	28 629	3 537
			7 359
Développement des lignes en kilomètres.			
Réseaux d'État	4 630	5 128	498
Réseaux privés	1 364	1 402	38
			536

Les chiffres ci-dessus font ressortir une augmentation de 14 pour 100 dans le développement des conducteurs et de 8,4 pour 100 dans celui des lignes. Durant l'année 1898, le nombre des appareils en location, sur les réseaux de l'État, s'est accru de 2376 ou de 20,5 pour 100 et a atteint le chiffre de 14237; sur les réseaux privés, le nombre des mêmes appareils s'est augmenté de 1375 unités ou de 12,1 pour 100 et a atteint le chiffre de 12728. L'utilisation des lignes d'intercommunication a donné lieu à la perception des recettes suivantes: Odessa-Nikolaïev, 14426 roubles; Rostov-sur-Don-Taganrog, 16394 roubles; Saint-Pétersbourg-Terrijoki (Finlande), 682 roubles.

Une ligne téléphonique doit être établie l'année prochaine, assure-t-on, entre Saint-Pétersbourg et Varsovie.

Relativement au régime téléphonique de Livonie, on nous fournit les indications suivantes:

Au premier janvier 1899, ce pays possédait un réseau de 2667 kilomètres construit par des particuliers, avec 96 bureaux centraux et 802 postes d'abonnés. Les frais d'installation de ce réseau s'étaient élevés à environ 110000 roubles. Il convient de noter que les différentes lignes, d'un développement qui atteint souvent plus de 100 kilomètres, ne sont pas, pour la plupart, reliées ensemble : il en résulte que des localités importantes, telles que Dorpat et Riga par exemple, ne commu-

niquent pas entre elles. Pour la concession de lignes interurbaines, là ou les lignes en cause possèdent un bureau télégraphique d'État, la Couronne exige qu'on lui garantisse une somme déterminée de recettes télégraphiques. Cette condition paralyse les efforts des particuliers et porte atteinte à leurs intérêts. C'est pourquoi les lignes téléphoniques de Livonie présentent ce caractère particulier qu'elles sont isolées les unes des autres. W. A.

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, 12 octobre 1899.)

Expériences de télégraphie sans fil, exécutées entre Chamonix et le sommet du mont Blanc.

Note de MM. Jean et Louis Lecarme.

Aucune démonstration satisfaisante n'ayant encore établi que la télégraphie sans fil fût possible entre deux points d'altitude différente et dans les hautes régions atmosphériques, nous avons procédé, du 15 au 25 août 1899, à des expériences entre Chamonix et le mont Blanc.

Le poste transmetteur (observatoire Vallot, station de Chamonix, altitude 1 000 mètres) et le poste récepteur (observatoire Vallot, station des Bosses, altitude 4 350 mètres) sont distants de 12 kilomètres environ à vol d'oiseau : la différence de niveau est de 3.350 mètres. Quant à la nature du sol entre ces deux points, on ne trouve que des micaschistes, dont la partie supérieure est entièrement recouverte de glace, sauf à l'emplacement de l'observatoire, et la partie inférieure de moraines et d'alluvions.

Le but des expériences était de savoir : 1° si la télégraphie sans fil est pratiquement possible en montagne; 2° si l'électricité atmosphérique ne nuirait pas aux communications ; 3° si le rôle du fil de terre persiste malgré l'absence d'eau à l'état liquide sur le sol; 4° nous avions également l'intention d'étudier des orages situés à de grandes distances, mais le temps ne nous a pas été favorable.

« *Poste transmetteur.* — *Station de Chamonix.* — Le poste transmetteur se composait d'un transformateur à haute

tension(*), actionné directement par le courant continu d'une dynamo de 50 volts, interrompu par un trembleur de Neef. Un manipulateur à contacts de platine permettait d'envoyer à volonté le courant dans le primaire du transformateur qui donnait dans ces conditions des étincelles de 18 centimètres entre deux pointes. Cette longueur d'étincelle se trouvait réduite à 2 centimètres lorsque les pôles du transformateur étaient réunis, l'un au sol et l'autre au mât : celui-ci se composait d'un fil de cuivre de 2,5 millimètres de diamètre, tendu obliquement à 30° environ sur une longueur de 25 mètres. Nous avons employé un oscillateur à boules de 2 centimètres de diamètre, fonctionnant dans l'air.

« *Poste récepteur. — Station des Bosses* (4350 mètres). — Le poste récepteur (**) comprenait un radioconducteur à limaille d'or très sensible (***), une pile sèche (E = 1,6 volt) et un relais télégraphique. Celui-ci commandait une sonnerie à un coup, un frappeur et un galvanomètre. Le frappeur était disposé de façon à interrompre automatiquement le courant traversant le radioconducteur, avant le choc ; celui-ci se produisait de bas en haut sur le support du tube. Grâce à cette disposition, un faible choc suffisait pour décohérer la limaille et la sensibilité du radioconducteur demeurait identique pendant toute la durée des expériences. L'appareil ainsi disposé est sensible, sans mât ni fil de terre, à une étincelle de 1 millimètre de longueur (****) éclatant à une distance de 100 mètres. Le poste était placé à l'intérieur de l'observatoire et préservé de toute perturbation extérieure (*****) par l'enveloppe de cuivre dont est revêtu le bâtiment. La mise au sol était établie par la communication avec les paratonnerres : le mât se composait d'un fil de fer isolé placé parallèlement à celui de Chamonix et tendu entre le refuge Vallot et un poteau

(*) Ce transformateur provenait de la maison Séguy et était d'un fonctionnement parfait.

(**) Nous avons construit nous-mêmes ce poste, de façon à le rendre portatif et aussi léger que possible.

(***) Ce radioconducteur, que M. Branly avait eu l'obligeance de nous prêter, avait été parfaitement réglé par M. Gendron, son préparateur.

(****) Cette étincelle était, bien entendu, produite par une petite bobine donnant son maximum.

(*****) Nous avons vérifié, pendant un violent orage au milieu duquel nous nous trouvions, que l'action de la foudre était nulle à l'intérieur de l'observatoire, malgré les ouvertures dues aux fenêtres.

planté dans la neige sur la paroi nord de la Grande-Bosse ; ce fil était relié à l'observatoire par un conducteur isolé de 50 mètres de longueur. Les deux postes étaient visibles l'un de l'autre et des signaux optiques permettaient la vérification des expériences par le beau temps (*). »

Résultats. — 1° Les expériences ont eu lieu tous les jours à 11 heures du matin jusqu'au 25 août (**). Les signaux n'ont été bien nets que pour un écartement des boules de l'oscillateur égal à 2 centimètres.

2° L'absence d'eau à l'état liquide n'a pas empêché les communications.

3° Des nuages interposés entre les deux postes n'ont pas empêché les signaux.

4° L'électricité atmosphérique, bien qu'ayant fait fonctionner l'appareil à plusieurs reprises, n'a pas produit une action capable de nuire à la télégraphie pratique.

5° Nous avons observé également que le fonctionnement de l'éclairage électrique à Chamonix agissait avec intensité sur l'appareil et que, pendant toute la durée de l'éclairage, il était impossible de communiquer. La lumière électrique est fournie par une dynamo à courants triphasés ($E = 2\,500$ volts) ; le circuit primaire étant fermé sur lui-même sans production d'étincelles, il nous semble possible d'opérer avec un autre dispositif que celui qui a été adopté par M. Marconi (***).

(*Comptes rendus*, 16 octobre 1899.)

(*) Une tempête de neige nous ayant assaillis aussitôt notre arrivée à l'observatoire, nous n'avons pas pu placer le mât avant le 19 août.

(**) Mme et Mlle Vallot avaient bien voulu se charger d'exécuter les expériences à Chamonix pendant notre séjour au mont Blanc.

(***) Nous devons remercier ici M. Vallot d'avoir bien voulu mettre à notre disposition son observatoire pendant plus de quinze jours et de nous avoir permis, par là même, d'exécuter ces expériences.

L'Éditeur-Gérant : Vve Ch. Dunod.

TABLE DES MATIÈRES

TOME XXV. — ANNÉE 1899

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mars-Avril.

Numéro de Mai-Juin.

Numéro de Juillet-Août.

Numéro de Septembre-Octobre.

Numéro de Novembre-Décembre.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE

DES MATIÈRES

TOME XXV. — ANNÉE 1899

A

B

C

F

G

H

I

V

W

18·4 00

FIN DES TABLES

41.814. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

